



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - RG 141536**

# **ANALISIS AKURASI HORIZONTAL PETA ORTOFOTO SKALA 1:1000 MENGGUNAKAN DJI MAVIC PRO**

**(Studi Kasus: Institut Teknologi Sepuluh Nopember,  
Sukolilo Surabaya)**

**KEVIN IMAM AKBAR  
NRP 03311440000095**

**Dosen Pembimbing  
Agung Budi Cahyono, S.T., M.Sc., DEA**

**Departemen Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**





**TUGAS AKHIR - RG141536**

**ANALISIS AKURASI HORIZONTAL PETA ORTOFOTO  
SKALA 1:1000 MENGGUNAKAN DJI MAVIC PRO  
(STUDI KASUS : INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER, SUKOLILO SURABAYA)**

**KEVIN IMAM AKBAR  
NRP 0331144000095**

**Dosen Pembimbing  
Agung Budi Cahyono, S.T., M.Sc., DEA.**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**FINAL ASSIGNMENT - RG141536**

**ANALYSIS HORIZONTAL ACCURACY OF 1:1000  
SCALE ORTHOPHOTO USING DJI MAVIC PRO  
(CASE STUDY : SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE  
OF TECHNOLOGY, SUKOLILO SURABAYA)**

**KEVIN IMAM AKBAR  
NRP 03311440000095**

**Supervisor  
Agung Budi Cahyono, S.T., M.Sc., DEA.**

**GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2018**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **ANALISIS AKURASI HORIZONTAL PETA ORTOFOTO SKALA 1:1000 MENGGUNAKAN DJI MAVIC PRO (STUDI KASUS : INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER, SUKOLILO SURABAYA)**

**Nama Mahasiswa** : Kevin Imam Akbar  
**NRP** : 03311440000095  
**Departemen** : Teknik Geomatika  
**Dosen Pembimbing** : Agung Budi Cahyono, ST, MSc, DEA

## **Abstrak**

*Perkembangan teknologi selalu berkembang. Salah satunya dalam bidang Unmanned Aerial Vehicle (UAV) drone. Penggunaan drone dapat digunakan untuk pekerjaan pemetaan, seperti pembuatan peta dasar, pembuatan DEM, pemodelan, dan lainnya. Pembuatan peta orthophoto dengan drone dapat menghasilkan peta skala besar dengan ketelitian yang baik. Terdapat kelebihan apabila melakukan pemetaan dengan drone. Metode ini dinamakan foto udara format kecil. Salah satu produsen drone mengeluarkan produk terbarunya yaitu DJI Mavic Pro. DJI Mavic Pro di desain fitur untuk fotografi.*

*Penelitian ini menggunakan DJI Mavic Pro untuk pembuatan peta foto udara dengan studi kasus di kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Sukolilo Surabaya. Pengolahan data menggunakan metode Structure from Motion (SfM). Peta orthophoto yang dihasilkan dengan sebaran titik kontrol sebanyak 14 titik di lingkungan ITS.*

*Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai akurasi horizontal berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014. Dengan menggunakan 12 titik uji yang tersebar di lokasi penelitian, didapatkan nilai RMSe horizontal sebesar 0,19 meter dan uji akurasi horizontal CE90 sebesar 0,288 meter. Ketelitian horizontal tersebut masuk dalam kategori skala 1:1000 kelas 2.*

**Kata kunci : Akurasi, DJI, Mavic Pro, Orthophoto**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**ANALYSIS OF HORIZONTAL ACCURACY FOR  
1:1000 SCALE ORTHOPHOTO USING DJI MAVIC  
PRO (CASE STUDY : SEPULUH NOPEMBER  
INSTITUTE OF TECHNOLOGY, SUKOLILO  
SURABAYA)**

<b>Name</b>	<b>: Kevin Imam Akbar</b>
<b>ID</b>	<b>: 03311440000095</b>
<b>Department</b>	<b>: Geomatics Engineering</b>
<b>Supervisor</b>	<b>: Agung Budi Cahyono, ST, MSc, DEA</b>

**Abstract**

*The development of technology is always evolving. One of them is Unmanned Aerial Vehicle (UAV). The drones can be used for mapping work, such as the creation of basemap, DEM, modeling, and more. An orthophoto map made by drones can produce large-scale maps with good accuracy. There are advantages of generating a map with drones. This method is called the small-format aerial photography. One of the latest products is DJI Mavic Pro. DJI Mavic Pro mainly designed for photography and videography.*

*This research used the DJI Mavic Pro for aerial photogrammetry mapping with a case study on the campus of ITS, Sukolilo Surabaya. Orthophoto data processed using the method of Structure from Motion (SfM). An orthophoto map was generated with 14 control points in ITS Campus.*

*The results of this research obtained the value of horizontal accuracy based on Perka BIG no. 15 of 2014. Using the 12 test points are scattered in ITS Campus. The results of RMSe Horizontal is 0.19 meters RMSe horizontal and horizontal CE90 accuracy test is 0.288 meters. Accuracy of the 1:1000 horizontal scale categories obtained at second class and first class at 1:2500 horizontal scale categories.*

***Keyword : Accuracy, DJI, Mavic Pro, Orthophoto***

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**ANALISIS AKURASI HORIZONTAL PETA  
ORTOFOTO SKALA 1:1000 MENGGUNAKAN DJI  
MAVIC PRO (STUDI KASUS : INSTITUT  
TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER, SUKOLILO  
SURABAYA)**

**TUGAS AKHIR**


Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Program Studi S-1 Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**KEVIN IMAM AKBAR**  
**NRP. 03311440000095**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Agung Budi Cahyono, ST, MSc, DEA  
19690520 199903 1 002

  
(.....)



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT karena Rahmat dan KaruniaNya-lah Penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini tepat pada waktunya dengan judul ***“Analisis Akurasi Horizontal Peta Ortofoto Skala 1:1000 Menggunakan DJI Mavic Pro (Studi Kasus : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Sukolilo Surabaya)”***.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir ini banyak pihak yang telah membantu penulis sehingga tugas akhir ini dapat berjalan dengan lancar. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Orang tua penulis, Bapak Agus Tri dan Ibu Tiniek Saptawati atas doa dan restu serta semua dukungan yang telah diberikan.
2. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, ST.,MSc.,PhD., selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika FTSLK ITS Surabaya.
3. Bapak Yanto Budisusanto, ST., M.Eng., selaku Kaprodi S-1 Teknik Geomatika FTSLK ITS Surabaya.
4. Bapak Agung Budi Cahyono, S.T.,M.Sc.,DEA., selaku dosen pembimbing dalam penelitian tugas akhir ini. Terima kasih atas waktu dan ilmu yang diberika selama menjalankan penelitian tugas akhir.
5. Seluruh bapak dan ibu dosen pengajar serta civitas akademik Teknik Geomatika ITS yang turut membantu dalam memudahkan dan melancarkan segala aktivitas di kampus.
6. Teman-teman angkatan 2014 Teknik Geomatika ITS yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyusun tugas akhir ini.
7. Teman-teman yang telah membantu dalam proses pengukuran dalam pengambilan data penelitian (Ayu, Anggoro, Nita,

Wiki, Juki, Wahyu, Rastra, Tara, Andre, Brian, El, Mas Ilyas, dan Mas Adib).

Masih terdapat kekurangan dalam penelitian tugas akhir ini. Kritik dan saran akan diterima penulis agar lebih baik kedepannya. Diharapkan penelitian ini dapat berguna kedepannya.

Akhir kata penulis menyampaikan terima kasih atas semua bantuan dan kesempatan yang telah diberikan kepada penulis, semoga penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LAGAM JUDUL.....	ii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Orthophoto .....	5
2.2 UAV (Unmanned Aerial Vehicle) .....	7
2.2.1 Keterbatasan UAV .....	8
2.2.2 Klasifikasi UAV.....	8
2.2.3 Sistem Low-Cost .....	10
2.3 Foto Udara Format Kecil .....	10
2.4 Skala Foto .....	11
2.4.1 Skala foto Udara Vertikal Medan Tidak Datar.....	11
2.5 Kamera.....	12
2.6 Sensor.....	16
2.7 Spesifikasi Wahana dan Kamera.....	16
2.7 Kalibrasi Kamera .....	18
2.8 <i>Structure from Motion</i> .....	21
2.9 Ketelitian Peta.....	23

2.10 Penelitian Terdahulu.....	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Lokasi Penelitian.....	27
3.2 Data dan Peralatan .....	28
3.2.1 Data .....	28
3.2.2 Peralatan.....	28
3.3 Metodologi Penelitian.....	29
3.3.1 Tahap persiapan.....	30
3.3.2 Tahap Pengolahan Data.....	31
3.3.3 Tahap Penyajian Data.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Hasil .....	37
4.1.1 Jalur Terbang.....	37
4.1.2 Hasil Pengukuran GCP dan ICP.....	38
4.1.3 Hasil Kalibrasi Kamera .....	41
4.1.4 Pengolahan <i>Orthophoto</i> .....	43
4.1.5 Hasil koordinat ICP <i>Orthophoto</i> .....	47
4.2 Pembahasan .....	48
4.2.1 Prosedur Menggunakan DJI Mavic Pro .....	48
4.2.2 Analisis Kalibrasi Kamera .....	53
4.2.3 Analisis <i>Georeferencing</i> .....	55
4.2.4 Analisis <i>Orthophoto</i> .....	57
4.2.5 Ketelitian Horizontal .....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	61
5.1 Kesimpulan .....	61
5.2 Saran .....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	67



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil <i>Orthophoto</i> ITS Fixed Wing 2017 .....	6
Gambar 2.2 UAV Military .....	7
Gambar 2.3 Gambar Foto Udara 2D .....	12
Gambar 2.4 PhaseOne iXU-RS1000 camera.....	13
Gambar 2.5 Phantom 3 Professional Camera.....	14
Gambar 2.6 Drone DJI Mavic Pro.....	17
Gambar 2.7 Distorsi Lensa.....	19
Gambar 2.8 Principle Point .....	19
Gambar 2.9 Model SfM.....	22
Gambar 3.1 Area Persebaran Titik GCP dan Titik ICP.....	27
Gambar 3.2 Tahap Penelitian .....	29
Gambar 3.3 Tahap Persiapan Penelitian.....	30
Gambar 3.4 Tahap Pengolahan Data.....	33
Gambar 4.1 Jalur Terbang Drone .....	37
Gambar 4.2 Desain Jaring GCP .....	38
Gambar 4.3 Hasil <i>Georeferencing</i> Titik GCP .....	40
Gambar 4.4 Desain Jaring ICP .....	40
Gambar 4.5 Distorsi Radial .....	42
Gambar 4.6 Distorsi Tangensial .....	43
Gambar 4.7 Posisi Kamera Saat Pemotretan.....	43
Gambar 4.8 <i>Tie Point</i> dan Posisi Kamera .....	44
Gambar 4.9 Hasil <i>Dense Cloud</i> Tegak .....	45
Gambar 4.10 Hasil <i>Dense Cloud</i> Bangunan.....	45
Gambar 4.11 Hasil <i>Texture</i> Tegak .....	46
Gambar 4.12 Hasil <i>Texture</i> Bangunan .....	46
Gambar 4.13 Proses Akuisisi Data.....	48
Gambar 4.14 Melepas Gimbal Protector .....	50
Gambar 4.15 Lokasi Take-Off .....	50
Gambar 4.16 Mengatur Nilai EV menjadi 0 .....	50
Gambar 4.17 Mematikan mode AFC pada setting foto.....	51

Gambar 4.18 Mengatur <i>Battery Warning</i> .....	51
Gambar 4.19 Segitiga <i>Exposure</i> .....	52
Gambar 4.20 <i>Depth of Field</i> .....	53
Gambar 4.21 Hasil Kalibrasi : .....	54
Gambar 4.22 Marker Blok T .....	55
Gambar 4.23 Marker FTK.....	56
Gambar 4.24 <i>Relief Displacement</i> Bangunan Tinggi .....	57
Gambar 4.25 Perbandingan <i>Exposure</i> Citra ITS .....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi UAV Sesuai Tenaga.....	9
Tabel 2.2 Spesifikasi Wahana DJI Mavic Pro.....	18
Tabel 2.3 Spesifikasi Kamera Sony IMX377.....	18
Tabel 2.4 Tabel Ketelitian Peta .....	23
Tabel 2.5 Tabel Ketelitian Geometri Berdasarkan Kelas .....	23
Tabel 4.1 Koordinat GCP Pengukuran GPS.....	39
Tabel 4.2 Koordinat ICP Pengukuran GPS .....	41
Tabel 4.3 Parameter Kalibrasi Kamera .....	42
Tabel 4.4 Hasil <i>Alignment Photos</i> .....	44
Tabel 4.5 Koordinat ICP <i>Orthophoto</i> .....	47
Tabel 4.6 Parameter Kalibrasi .....	54
Tabel 4.7 Error Total Georeferencing .....	56
Tabel 4.8 Uji CE90 Skala 1:1000.....	59
Tabel 4.9 Uji CE90 Skala 1:2500.....	59

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi sangat pesat terutama perkembangan dalam bidang fotogrametri. Perkembangan tersebut terjadi pada bagian optik, elektronik, komputer, satelit, dan teknologi dalam ruang (Wolf dan Dewitt 2004). Banyak teknologi baru dalam bidang fotogrametri yang merupakan perkembangan dari teknologi sebelumnya. Salah satu contoh perkembangan tersebut dalam bidang pemotretan udara format kecil menggunakan wahana *drone* (Aber dkk 2010),. Berbagai perkembangan dalam *drone* seperti sensor kamera, alat kontrol wahananya, hingga *maneuver* dari *drone* tersebut.

Salah satu metode yang berkembang dalam foto udara yaitu foto udara format kecil. Hal ini dikarenakan menggunakan ketinggian yang relatif rendah, biaya yang murah, menggunakan kamera amatir, dan dalam skala yang besar. Adapun wahana yang digunakan saat ini dalam FUFK bisa dengan awak atau tanpa awak. Wahana tanpa awak ini dapat berupa jenis *Fixed-Wing*, *Helicopter*, *Autogyros*, *Gliders and Sailplanes*, dan *Hot-Air Balloons* (Aber dkk 2010).

DJI Mavic Pro merupakan jenis wahana UAV drone yang di desain agar lebih praktis untuk dibawa dan untuk digunakan. DJI Mavic Pro ini paling *portable* di kelasnya dengan menyimpan banyak fitur dalam bentuknya yang kecil. Dengan bentuk yang kecil, pihak produsen meningkatkan tingkat performanya saat di udara dalam bidang pergerakan wahana, kamera, daya tahan, dan keamanannya. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya fitur baru seperti lima sensor pengelihatn, jarak

kontroler dengan Mavic yang jauh, dan resolusi kamera yang tinggi (DJI 2018).

Wahana drone ini lebih digunakan dalam bidang fotografi seperti mengambil foto dan video. Sesuai dengan fitur – fitur barunya banyak dikhususkan untuk pengambilan video. Apabila dibandingkan dengan wahana DJI sebelumnya, DJI Phantom 3 lebih dikhususkan untuk *aerial mapping*. Mavic Pro memiliki jangkauan FOV yang lebih kecil dibandingkan dengan drone sebelumnya. Akan tetapi, hal tersebut bisa diatasi dengan pengaturan tinggi terbang dan pengaturan lainnya.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan DJI Mavic Pro dalam pemetaan foto udara dan nilai akurasi horizontal koordinat (X,Y) yang dihasilkan. Metode yang digunakan pada penelitian ini *Structure from Motion* sama seperti penelitian pada wahana drone DJI Phantom 3. Diharapkan agar penelitian ini bisa menjadi acuan pembuatan peta *orthophoto* dengan memanfaatkan fitur dari DJI Mavic Pro dan memiliki nilai akurasi horizontal yang diinginkan.

### 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana proses untuk menghasilkan peta *orthophoto* menggunakan wahana Drone DJI Mavic Pro?
2. Bagaimana akurasi horizontal (X,Y) ICP *orthophoto* yang dihasilkan wahana Drone DJI Mavic Pro?

### 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan wahana UAV yaitu DJI Mavic Pro
2. Lokasi penelitian dilakukan di lingkungan kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Sukolilo
3. Jumlah titik kontrol yang digunakan sebanyak 15 titik GCP dan 12 titik ICP
4. Pengukuran titik kontrol menggunakan alat GPS Topcon Hyper Pro

5. Metode pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Structure from Motion* (SfM).

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Melakukan pemetaan dengan metode fotogrametris menggunakan wahana DJI Mavic Pro dan prosedurnya untuk menghasilkan peta *orthophoto* skala 1:1000
2. Menganalisis ketelitian horizontal dari ICP peta *orthophoto* yang dihasilkan berdasarkan Perka BIG No.15 Tahun 2014.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Pembuatan prosedur pengukuran menggunakan wahana DJI Mavic Pro
2. Peta yang dihasilkan bisa dijadikan acuan untuk pembangunan di wilayah penelitian tersebut
3. Menghasilkan rekomendasi penggunaan wahana DJI Mavic Pro untuk pemetaan dengan ketelitian yang baik.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 Orthophoto

Hasil dari foto udara perlu diolah sehingga tidak ada distorsi pada gambar. Proses ini disebut *orthorectification*. Tanpa proses ini kita tidak bisa melakukan perhitungan seperti jarak, sudut, posisi, dan luas. Variasi bentuk topografi pada permukaan bumi dan pergerakan kamera pada wahana menyebabkan beberapa distorsi pada hasil foto udara. *Orthorectification* adalah nama proses yang digunakan untuk menghilangkan distorsi antara hasil foto dengan permukaan sebenarnya. Ketika hasil foto udara sudah di rektifikasi, maka hasil foto tersebut dinamakan *orthophoto* (Dempsey 2003).

Ada dua cara rektifikasi dari hasil foto udara. Yang pertama, menggunakan titik kontrol atau GCP (*Ground Control Point*) dan menggunakan DEM (*Digital Elevation Model*). Menggunakan titik kontrol atau GCP (*Ground Control Point*) yang sudah ditentukan dan diukur di lapangan melalui survey tanah konvensional. Pengukuran ini bisa menggunakan GPS (*Global Positioning System*) sebagai pengukuran lapangan. Hasil dari pengukuran ini berupa koordinat (X,Y) lapangan yang sudah direkam oleh foto udara. Koordinat tersebut akan dimasukkan kedalam koordinat foto. Umumnya jumlah minimum GCP sebanyak 3 hingga 5 titik kontrol GCP (Dempsey 2003).



Gambar 2.1 Hasil *Orthophoto* ITS Fixed Wing 2017  
(Sumber : Ayyubi dkk 2017)

Sesuai dengan modul BIG Validasi Peta Rencana Tata Ruang, terdapat beberapa ketentuan dalam menentukan lokasi GCP dan ICP seperti berikut :

1. Titik Kontrol Tanah
  - a) Pada sisi perimeter area citra;
  - b) Pada tengah area/scene;
  - c) Pada wilayah perbatasan/overlap scene citra;
  - d) Tersebar secara merata dalam area citra
  - e) Menyesuaikan kondisi terrain
2. Titik Uji Akurasi
  - a) Obyek yang digunakan sebagai titik uji harus memiliki sebaran yang merata di seluruh area yang akan diuji, dengan ketentuan sebagai berikut:
  - b) Pada setiap kuadran jumlah minimum titik uji adalah 20% dari total titik uji.
  - c) Untuk area yang tidak beraturan, pembagian kuadran dilakukan dengan membagi wilayah kelompok data menjadi empat bagian, dimana setiap bagian dipisahkan oleh sumbu silang. Pembagian kuadran dibuat sedemikian rupa sehingga jumlah dan sebaran titik uji merepresentasikan wilayah yang akan diuji.

## 2.2 UAV (Unmanned Aerial Vehicle)



Gambar 2.2 UAV Military

(Sumber : <https://newatlas.com/vanilla-va001-record/51952/>)

UAV adalah wahana terbang tanpa awak. Wahana ini dibagi menjadi beberapa tipe pengendalinya yaitu *remotely controlled*, *semi-autonomous*, *autonomous*, atau memiliki kombinasi dari tipe – tipe tersebut. Teknologi terbaru untuk fotogrametri adalah penggunaan wahana tanpa awak ini sebagai alat pengukuran fotogrametri bisa dengan remot, semi otomatis, atau otomatis. UAV standar saat ini sudah dilengkapi *registration* dan *tracking* untuk posisi dan orientasi sensor dalam sistem koordinal lokal atau global (Eisenbeiss 2009).

Keuntungan menggunakan UAV dibandingkan dengan wahana awak yaitu dalam situasi kritis tidak melukai manusia atau area yang sedang dikerjakan. Pemetaan menggunakan UAV dapat digunakan dalam area area beresiko seperti pegunungan, daerah gunung berapi, banjir, gempa, dan area lainnya yang tidak dapat dikunjungi oleh manusia. Akan tetapi kelemahan dari penggunaan UAV ini adalah bergantung pada cuaca dan sinar pada saat terbang. UAV tidak dapat melakukan akuisisi data dengan ketinggian tinggi, merupakan salah satu kelebihan dibandingkan pemetaan udara berawak (Eisenbeiss 2009).

### 2.2.1 Keterbatasan UAV

UAV, terutama *low-cost* UAV memiliki keterbatasan dalam sensor. Hal ini dikarenakan sensor yang digunakan memiliki berat ringan seperti kamera amatir format kecil atau medium. Untuk dibandingkan dengan kamera format besar, UAV membutuhkan banyak foto untuk memiliki cakupan gambar yang sama dan resolusi gambar yang sebanding. Sensor *low-cost* normalnya kurang stabil dibandingkan sensor *high-end* dengan hasil mengurangi kualitas gambar. Tambahnya, keterbatasan ini membutuhkan unit navigasi yang ringan juga, tentunya memiliki hasil dengan akurasi kurang untuk orientasi dari sensor. UAV *low-cost* biasanya menggunakan mesin yang kurang kuat mengakibatkan keterbatasan ketinggian terbang dari wahana (Eisenbeiss 2009).

Akan tetapi, banyak *software* yang mendukung pengolahan data dari pengukuran foto udara dengan UAV. *Software* ini tidak memiliki alur standar atau model sensor yang digunakan oleh wahana. UAV mengandalkan skill dari pilot karena belum adanya tingkat keamanan yang baik dalam UAV. Pilot harus bisa melihat medan atau area terbang dari drone tersebut dan juga mengarahkan agar sesuai dengan jalur terbang yang didesain. UAV ini juga dibatasi oleh jarak antara pilot dengan UAV. Frekuensi radi 35 dan 40 MHz mungkin mengganggu seperti remot kontrol mobil, atau wahana terbang lainnya dan juga frekuensi radio alat lain dengan frekuensi yang sama (Eisenbeiss 2009).

### 2.2.2 Klasifikasi UAV

Definisi dari UAV meliputi *fixed* dan *rotary wings* UAV, UAV ringan, UAV berat, cara terbang, dan target terbang. UAV juga bisa diklasifikasikan dengan karakteristik utama wahana yaitu menggunakan tenaga

atau tanpa tenaga, berat lebih ringan atau lebih berat dari udara, *fixed* atau *rotary wings*. Berikut dicontohkan dalam tabel klasifikasi UAV :

Tabel 2.1 Klasifikasi UAV Sesuai Tenaga

UAV	<i>Lighter than Air</i>	<i>Heavier than Air</i>		
		<i>Flexible Wing</i>	<i>Fixed Wing</i>	<i>Rotary Wing</i>
<i>Unpowered</i>	<i>Balloon</i>	<i>Hang Glider</i>	<i>Gliders</i>	<i>Rotor-Kite</i>
		<i>Paraglider</i>		
		<i>Kites</i>		
<i>Powered</i>	<i>Airship</i>	<i>Paraglider</i>	<i>Propeller</i>	<i>Single Rotors</i>
				<i>Coaxial</i>
			<i>Jet Engines</i>	<i>Quadrotors</i>
				<i>Multi Rotors</i>

(Sumber : Eisenbeiss 2009)

*Rotary-wing* UAV, biasa disebut sebagai *vertical takeoff and landing vehicles* (VTOL), bisa diklasifikasikan sebagai, *single-*, *double-*, *four-* dan *multi rotors system*. Rotor disini yaitu penggerak, penggerak tunggal memiliki satu baling – baling dan sebuah penggerak di ekor ekor. Penggerak utama bertujuan mengangkat dan mendorong, dibagian ekor digunakan untuk menstabilkan gerakan yaw dan torsi. Penggerak ganda disebut sistem coaxial. Berbeda dengan penggerak tunggal karena mereka meningkatkan beban dan bisa dioperasikan di ketinggian tinggi dengan kekuatan mesin. Mereka juga mudah dikendalikan dan mengurangi tingkat kebisingan. Sistem pengendali empat memiliki kapasitas berat yang rendah sehingga menggunakan sensor ringan dengan sistem *low-cost*. Dengan ukuran kecil dan maneuver yang baik, sistem ini bisa

diterbangkan dalam ruangan dan juga luar ruangan (Eisenbeiss 2009).

### 2.2.3 Sistem Low-Cost

Drone *low-cost* adalah alternative untuk *rotary* dan *fixed wing* UAV untuk aplikasi tunggal. Berat sistemnya bervariasi antara 8 kg dan 12 kg. Beberapa UAV menggunakan sensor yang berbeda – beda bahkan bisa diganti sesuai kebutuhan. Penglihatan dari UAV tersebut bisa dilihat oleh operator melalui *googles* atau layer video, laptop, dan lainnya. Akuisisi data diambil melalui remot kontrol dan posisinya menggunakan sistem GPS *low-cost* dan dikirim ke operatornya. Sistem dibatasi untuk terbang dibawah kecepatan angin kurang dari 6 m/s dengan ketinggian maksimum 4500 m dan jarak operator dengan UAV hingga 5 km jika memungkinkan. Untuk take-off dan mendarat di jalur dengan panjang 5 sampai 25 meter (Eisenbeiss 2009).

### 2.3 Foto Udara Format Kecil

Foto udara format kecil dapat disesuaikan dengan kamera ringan dengan 35 atau 70 mm format film kamera digital. Yang diutamakan dari FUFK ini berdasarkan harga dan akses untuk menggunakannya (Aber dkk, 2010).

- *Low cost* : Kamera FUFK identik dengan murah dibandingkan dengan kamera udara skala besar. Kamera ini berkisar antara satu juta hingga sepuluh juta dan ukuran yang kecil agar muat dalam wahana foto udara.
- Logistik : kamera ini memiliki berat yang ringan agar muat dalam wahana. FUFK membutuhkan kamera dengan spesifikasi yang praktis karena medan FUFK sangat sulit, beresiko tinggi, bahkan susah untuk dilakukan oleh wahana yang lebih besar.
- FUFK memiliki tingkat *portability* yang tinggi, pemasangan dan penggunaan yang cepat, dan

membutuhkan personil yang terlatih yang memungkinkan foto udara dilakukan dalam berbagai aplikasi

Tetapi memiliki kelemahan utama yaitu ketidaksempurnaan sistem lensa kamera untuk keperluan pemetaan dan juga tidak cocok dipergunakan untuk daerah dengan cakupan luas. Untuk daerah dengan cakupan cukup luas dan diinginkan data spasial dengan ketelitian tinggi akan efektif dan efisien jika mempergunakan foto udara metrik format standar (Harintaka, 2008).

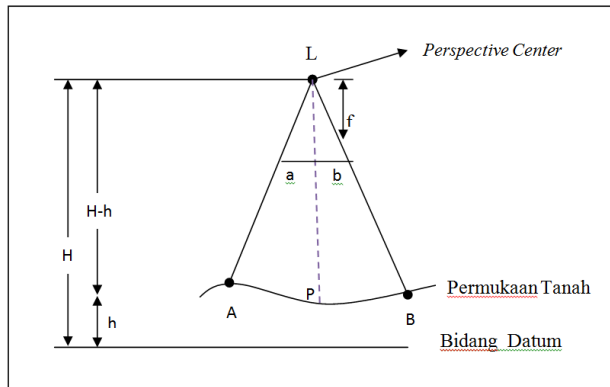
## 2.4 Skala Foto

Skala peta biasanya diartikan sebagai perbandingan antara jarak di dalam peta dan jarak yang sebenarnya. Dalam foto udara, skala yang dimaksud adalah merupakan perbandingan antara panjang fokus ( $f$ ) dengan tinggi terbang pesawat dengan bidang rata-rata tanah ( $H$ ).

Skala ini hanya berlaku untuk foto udara vertikal dengan daerah yang relatif datar. Skala data dinyatakan dalam unit setara, dalam rangka pecahan tanpa besaran, atau dalam perbandingan tanpa besaran. Sebagai contoh, apabila 1 inci pada peta atau foto mewakili 1.000 kaki (12.000 inci) di atas tanah (Wolf dan Dewitt 2004).

### 2.4.1 Skala foto Udara Vertikal Medan Tidak Datar

Apabila medan yang dipotret mempunyai ketinggian yang beraneka, maka jarak obyek akan berbeda-beda pula, sebagai akibatnya maka skala didalam foto tersebut menjadi berbeda-beda pula (Wolf dan Dewitt 2004).



Gambar 2.3 Gambar Foto Udara 2D  
(Sumber : Wolf dan Dewitt 2014)

Dari gambar diatas, maka dua segitiga sebangun  $L_{ab}$  dan  $L_{AB}$  dapat dinyatakan bahwa skala  $S_{AB}$  adalah sebagai berikut :

$$S_{AB} = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H'}$$

Dimana :

$S_{AB}$  = Skala

$ab$  = Ukuran sensor

$AB$  = Ukuran sebenarnya

$f$  = Fokus Kamera

$H'$  = Tinggi Kamera

## 2.5 Kamera

Alat yang paling berpengaruh dalam bidang fotogrametri adalah kamera. Kamera merupakan instrument utama untuk mendapatkan gambar dihasilkan dari metode fotogrametri. Alat pengambil gambar tersebut bisa dikategorikan sesuai dengan bagaimana gambar tersebut dihasilkan. Alat foto tradisional yang digunakan dalam fotogrametri adalah kamera kamera pemetaan foto udara dan digunakan dalam industri fotogrametri. Kebutuhan dari kamera udara berbeda dengan



kamera poket atau kamera tangan. Yang dibutuhkan dalam kamera udara ini adalah lensa dengan kualitas geometri yang tinggi. Kamera udara harus bisa mengambil gambar dan wahana yang bergerak. Mereka harus mempunyai kecepatan waktu yang cepat, lensa cepat, dan *shutter* yang cepat (Wolf dan Dewitt 2004).

#### 1. Kamera Metrik



Gambar 2.4 PhaseOne iXU-RS1000 camera  
(Sumber : <https://www.gim-international.com/content/article/medium-format-cameras-for-high-accuracy-mapping>)

Kamera metrik merupakan kamera yang dirancang khusus untuk keperluan fotogrametrik. Kamera metrik yang umum digunakan mempunyai ukuran format 23 cm x 23 cm, kamera metrik dibuat stabil dan dikalibrasi secara menyeluruh sebelum digunakan. Nilai-nilai kalibrasi dari kamera metrik seperti panjang fokus, distorsi radial lensa, koordinat titik utama foto diketahui dan dapat digunakan untuk periode yang lama.

## 2. Kamera Non Metrik



Gambar 2.5 Phantom 3 Professional Camera

(Sumber : <https://www.dji.com/phantom-3-pro/camera>)

Kamera non-metrik dirancang untuk foto profesional maupun pemula, dimana kualitas gambar lebih diutamakan daripada kualitas geomterinya. Kamera non-metrik memiliki dua keterbatasan utama yaitu :

### a. Ketidakstabilan Geometrik

Masalah terbesar penggunaan kamera non-metrik adalah ketidakstabilan geometrik. Kamera non-metrik memiliki lensa yang tidak sempurna, sehingga foto udara yang dihasilkan dari perekaman kamera non-metrik mengalami kesalahan. Kamera ini tidak memiliki tanda-tanda fidusial, namun dapat dilakukan modifikasi untuk membuat tanda fidusial. Selain itu pada kamera non-metrik tidak diketahui secara pasti besarnya panjang fokus dan posisi *principal point*, sehingga pengukuran pada foto udara menjadi kurang teliti. Kamera non-metrik dapat dikalibrasi dengan teknik tertentu sehingga parameter-parameter internal yang berpengaruh pada ketelitian geometrik foto dapat diketahui, dan kamera non-metrik dapat digunakan untuk aplikasi fotogrametri.

### b. Ukuran Film

Keterbatasan lain dalam penggunaan kamera non-metrik adalah terbatasnya ukuran film. Untuk area

dengan luas dan skala yang sama, penggunaan kamera format kecil 24 mm x 36 mm membutuhkan jumlah foto lebih banyak dibandingkan jika pemotretan itu dilakukan dengan menggunakan kamera metric format besar 23 cm x 23 cm. Selain itu seringkali dalam pemetaan metode foot udara dibutuhkan foto dengan ukuran asli yang besar, sehingga penggunaan kamera format kecil menjadi masalah.

#### c. Lensa Kamera

Merupakan bagian yang paling penting dan paling mahal dalam foto udara. Fungsi utama lensa adalah mengumpulkan berkas sinar dari seluruh titik yang membentuk sebuah objek dan mengumpulkannya kearah titik api ( $f$ ) yang terletak pada jarak tertentu di sisi lain di balik lensa untuk membentuk gambaran objek secara keseluruhan.

Sifat lensa ini mengikuti prinsip pembiasan sinar sesuai dengan Hukum Snellius. Menurut hokum ini, jika ada seberkas sinar melintasi sebuah permukaan yang berada diantara dua medium yang mempunyai nilai indeks bias yang berbeda, maka sinar tersebut akan dibelokan atau dibiaskan. Jika sinar datang dari medium renggang ke medium rapat, maka sinar tersebut akan dibelokan mendekati garis normal, sebaliknya jika sinar datang dari medium rapat ke medium renggang, maka sinar akan dibelokan menjauhi garis normal.

Seberkas sinar datang yang berasal dari suatu obyek pada jarak tak terhingga jatuhnya dari lensa akan saling sejajar. Bayangan yang dibentuk oleh sinar-sinar ini akan jatuh pada bidang fokus tidak terhingga, sehingga bayangan tersebut akan terlihat jelas. Semakin dekat jarak obyek dari sebuah lensa, maka akan semakin jauh jarak bayangan yang dibentuk dari lensa tersebut. Oleh karena itu untuk aplikasi foto udara banyak digunakan

kamera dengan panjang fokus tetap untuk obyek tak terhingga.

## 2.6 Sensor

Dengan mengandalkan kamera digital untuk merekam gambar harus memperhatikan sensor digital yang digunakan. Sensor digital yang dikenal ada dua macam, yakni CMOS dan CCD. Sensor CCD (*Charged Coupled Device*) merupakan sensor tipe analog yang telah lama digunakan sebagai sensor kamera digital dan kamera perekam video dan memiliki kualitas hasil foto yang amat baik. Prinsip kerja sensor CCD amat sederhana, karena sensor ini hanya merubah intensitas cahaya yang mengenainya menjadi nilai tegangan yang kemudian diproses menjadi data digital oleh rangkaian Analog to Digital Converter (ADC) pada kamera digital.

Sensor CMOS (*Complimentary Metal Oxide Semiconductor*) merupakan sensor berteknologi modern yang memiliki transistor di tiap pikselnya. Sensor CMOS dibuat dengan konsep *digital-chip* sehingga keluaran dari sensor ini sudah dalam bentuk data digital. Jadi kamera dengan sensor CMOS tidak lagi memerlukan rangkaian ADC tersendiri, karena keluaran dari sensor CMOS bisa langsung masuk ke prosesor kamera. Karena mekanisme kerja sensor CMOS lebih sederhana, sensor jenis ini digunakan secara luas di kamera ponsel meski dengan kualitas hasil foto pas-pasan (Axis 2010).

## 2.7 Spesifikasi Wahana dan Kamera

Wahana yang digunakan yaitu DJI Mavic Pro. Mavic pro bisa digunakan untuk pemetaan fotogrametri. Quadcopter ini menggunakan IMU terbaru dan teknologi stabilisasi kontrol terbang dengan kamera 4K beserta gimbalnya. Tentunya akan memberikan data *point cloud* yang akurat dan peta 3D dengan *software* DroneDeploy atau Pix4D (Corrigan 2017).

UAV ini dilengkapi beberapa fitur yang dikelompokkan dalam beberapa bidang, yaitu *Powerful*, *Creactive*, *Easy*, dan *workfree* (DJI 2018). Berikut penjelasannya :

1. *Fly Further* : Jarak antara kontroler dengan UAV sejauh 7 km dengan 720p dan 1080p video *streaming*
  2. *No Bumps and Scrapes* : Mavic Pro akan mendeteksi rintangan atau halangan di sekitar drone sehingga menghindari adanya tabrakan atau kontak langsung dengan benda sekitarnya
  3. *Precision Hover* : Posisi satelit akan membantu drone dalam melakukan *hovering*. Akan tetapi drone ini dilengkapi sensor penglihatan agar posisi dapat stabil tanpa adanya sinyal satelit
  4. Waktu penggunaan hingga 27 menit
  5. Mavic bisa menggunakan video 4K dengan 30fps
  6. Mode tripod memudahkan agar drone stabil dengan kecepatan rendah
  7. Terdapat dua sensor IMU
- Untuk spesifikasi dari UAV Drone DJI Mavic akan dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 2.6 Drone DJI Mavic Pro  
(Sumber : <https://www.dji.com/mavic>)

Tabel 2.2 Spesifikasi Wahana DJI Mavic Pro

AIRCRAFT	
Weight	743 g
Hover Accuracy	Vertical : +/- 0.1 m or +/- 0.5m
	Horizontal : +/- 1.5 m
Max Speed	18 m/s
Temperature	0°C-40°C
GPS Mode	GPS/GLONASS
Flight Time	27 Minutes

Sumber : (<https://www.dji.com/mavic/info#specs>)

Tabel 2.3 Spesifikasi Kamera Sony IMX377

Camera	
Sensor	Sony IMX377 1/2.3" 12.35 MPix
Lens	FOV 78.8° 28 mm f/2.2
ISO	100-3200 (video)
	100-1600(photo)
Shutter Speed	8s-1/8000s
Image Size	4000x3000
Temperature	0°C-40°C

(Sumber : <https://www.dji.com/mavic/info#specs>)

## 2.7 Kalibrasi Kamera

Setelah keluar dari pabrik dan digunakan beberapa kali, kameran udara harus dikalibrasi untuk menentukan presisi dan nilai akurasi untuk nilai konstan. Nilai ini didapatkan dari elemen orientasi dalam. Orientasi dalam ini dibutuhkan agar informasi spasial akurat dan bisa ditentukan dari foto.

Secara umum, metode kalibrasi kamera diklasifikasikan menjadi 3 yaitu metode *laboratory*, metode *field*, dan metode *stellar* (Wolf dan Dewitt 2004). Kalibrasi kamera adalah proses menentukan parameter internal dari sebuah kamera. Parameter internal dari sebuah kamera. Parameter internal dibutuhkan untuk merekonstruksi ulang berkas-berkas sinar



Dari gambar diatas posisi *principle point* ( $x_0, y_0$ ) merupakan proyeksi garis lurus dari letak *perspective center* ke bidang foto dan jarak dari *principle point* ke *perspective center* merupakan panjang fokus ( $c$ ).

#### a. Distorsi Radial

Distorsi radial adalah pergeseran linier titik foto dalam arah radial terhadap titik utama dari posisi idealnya. Distorsi lensa biasa diekspresikan sebagai fungsi polonomial dari jarak radial ( $r$ ) terhadap titik utama foto. Distorsi radial direpresentasikan dalam sebuah persamaan polinomial sebagai berikut (Wolf, 2000) :

$$r = \sqrt{(X_i - X_p)^2 + (Y_i - Y_p)^2}$$

$$\delta r = K_1 r^3 + K_2 r^5 + K_3 r^7$$

dimana :

$K_1$  : koefisien distorsi radial

$r$  : jarak radial

$\delta r$  : distorsi radial

$X_p, Y_p$  : titik pusat foto (mm)

$X_i, Y_i$  : koordinat pusat foto (mm)

Efek yang terjadi apabila pada kamera memiliki nilai distorsi, maka gambar foto yang dihasilkan akan berbentuk cembung atau cekung, tergantung dari nilai parameter distorsi radial bernilai positif atau negatif atau biasa disebut distorsi radial ke arah dalam adalah *pinchusion distortion*, dan distorsi radial ke arah luar adalah *barrel distortion* (Wolf, 1983) . Efek distorsi radial adalah sekitar 1 sampai 2 piksel.

#### b. Distorsi Tangensial

Distorsi decentring/tangensial adalah pergeseran linier titik di foto pada arah normal (tegak lurus) garis radial melalui titik foto tersebut. Distorsi decentring disebabkan kesalahan sentering elemen-elemen lensa dalam satu gabungan lensa dimana titik pusat elemen-



elemen lensa dalam gabuang lensa tersebut tidak terletak pada satu garis lurus.

$$r = \sqrt{(X_i - X_p)^2 + (Y_i - Y_p)^2}$$

$$\delta x = [P_1[r^2 - 2(x - x_p)^2] + 2P_2(x - x_p)(y - y_p)](1 + P_3r^2)$$

$$\delta y = [2P_1(x - x_p)(y - y_p) + 2P_2(r^2 + 2(y - y_p)^2)](1 + P_3r^2)$$

Dimana :

$r$  : jarak radial

$\delta x$  : besar pergeseran sumbu x ( $\mu\text{m}$ )

$\delta y$  : besar pergeseran sumbu y ( $\mu\text{m}$ )

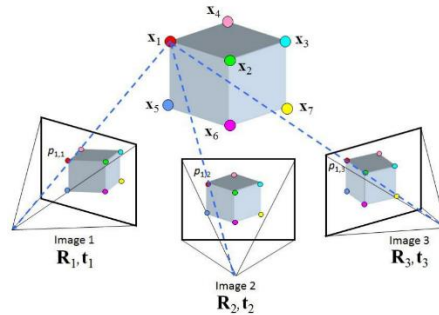
$P_1, P_2, P_3$  : parameter distorsi tangensial

$x_p, y_p$  : titik pusat foto (mm)

$x, y$  : koordinat pusat foto (mm)

## 2.8 Structure from Motion

*Structure from Motion* (SfM) adalah metode atau teknik pencitraan fotogrametri untuk memperkirakan struktur 3D dari urutan gambar dua dimensi yang dapat digabungkan dengan sinyal gerakan lokal. SfM beroperasi menggunakan prinsip dasar yang sama dengan fotogrametri tradisional, yaitu struktur 3D bisa didapatkan dari beberapa gambar yang saling bertampalan. Tetapi, secara dasar berbeda dengan fotogrametri tradisional, karena geometri dan lokasi, yaitu posisi kamera dan orientasi diketahui secara otomatis tanpa harus menentukan titik-titik kontrol 3D. Hal ini diselesaikan secara bersamaan menggunakan prosedur *bundle adjustment* yang iterative, berdasarkan *database* dari fitur yang diambil secara otomatis dari beberapa gambar yang bertampalan (Snavely, 2010). Metode ini paling cocok digunakan untuk sekumpulan gambar dengan overlap tinggi dengan menangkap struktur 3D secara keseluruhan dari lokasi yang dilihat dari berbagai macam posisi, atau sesuai dengan namanya, gambar yang didapat dari sensor yang bergerak (Westoby, dkk 2012).



Gambar 2.9 Model SfM

(Sumber : Yilmaz dan Karakuz 2013)

Metode SfM tidak memerlukan reseksi dalam pengerjaannya. Posisi kamera dan geometri dari lokasi direkonstruksi secara bersamaan melalui identifikasi secara otomatis dari fitur yang sama dalam beberapa gambar. Fitur ini dilacak dari gambar ke gambar, memungkinkan perkiraan awal dari posisi kamera dan koordinat objek yang nantinya diperbaiki secara iteratif menggunakan minimisasi least-square yang non-linear (Snavely dkk 2010)

Menurut Westoby, dkk (2012), cara kerja SfM meliputi langkah-langkah seperti berikut :

1. Akuisisi foto

Proses SfM membentuk titik 3D objek dari banyaknya foto, sehingga akuisisi foto terhadap objek harus dari banyak sudut pengambilan. Banyaknya foto terhadap objek akan mempengaruhi resolusi spasial yang dihasilkan.

2. Ekstraksi *Keypoint*

*Keypoint* diekstraksi secara otomatis berdasarkan keunikan dari nilai *pixel* objek. Banyaknya *keypoint* didasarkan pada tekstur dan resolusi gambar. Semakin baik tekstur dan semakin tinggi resolusi akan menghasilkan banyak *keypoint*.

3. Rekonstruksi 3D

Rekontruksi 3D diperoleh dari proses *bundle adjustment* dari *keypoint* yang telah digabung. Hasil dari proses *bundle adjustment* menghasilkan *sparse point cloud*. Penggabungan *keypoint* dilakukan dengan algoritma *approximate nearest neighbor*. Algoritma *approximate nearest neighbor* menggabungkan *keypoint* berdasarkan jarak antara minimal dua *keypoint* berdekatan.

#### 4. Post-Processing

*Post-Processing* yang dilakukan yaitu tranformasi koordinat menggunakan data dari pengukuran GCP agar diperoleh koordinat absolut *point* 3D pada permukaan bumi.

### 2.9 Ketelitian Peta

Ketelitian peta *orthophoto* dapat mengikuti ketelitian dari Perka BIG No.15 Tahun 2014. Didapat tabel ketelitian geometri sebagai berikut :

Tabel 2.4 Tabel Ketelitian Peta

No	Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1.	1:1.000.000	400	200	200	300	300,00	500	500,00
2.	1:500.000	200	100	100	150	150,00	250	250,00
3.	1:250.000	100	50	50	75	75,00	125	125,00
4.	1:100.000	40	20	20	30	30,00	50	50,00
5.	1:50.000	20	10	10	15	15,00	25	25,00
6.	1:25.000	10	5	5	7,5	7,50	12,5	12,50
7.	1:10.000	4	2	2	3	3,00	5	5,00
8.	1:5.000	2	1	1	1,5	1,50	2,5	2,50
9.	1:2.500	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25
10.	1:1000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,30	0,5	0,50

(Sumber : Perka BIG No.15 Tahun 2014)

Adapun ketetapan di setiap kelas diperoleh dari ketentuan seperti tertera pada tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.5 Tabel Ketelitian Geometri Berdasarkan Kelas

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0.2 mm x bilangan skala	0.3 mm X bilangan skala	0.5 mm X bilangan skala

(Sumber : Perka BIG No.15 Tahun 2014)

Untuk rumus ketelitian horizontal menggunakan rumus CE90. CE90 merupakan ukuran ketelitian geometrik horizontal yang didefinisikan sebagai radius lingkaran yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan posisi horizontal objek di peta dengan posisi yang dianggap sebenarnya tidak lebih besar dari radius tersebut. Sedangkan LE90 merupakan ukuran ketelitian geometrik vertikal.

#### 2.10 Penelitian Terdahulu

Dalam pemilihan topik penelitian ini, penulis didasari oleh penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya sebagai berikut:

1. Adi dkk (2017) yang berjudul *Pengujian Akurasi dan Ketelitian Planimetrik pada Pemetaan Bidang Tanah Pemukiman Skala Besar Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. Penelitian ini menggunakan UAV DJI Phantom 3 Professional untuk melakukan pemetaan foto udara. Kemudian hasilnya dianalisis ketelitian geometrik dan planimetriknya menggunakan pengukuran terestris. Pedoman yang dilakukan peneliti yaitu Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 untuk ketelitian geometri dan pengukuran total station untuk ketelitian planimetriknya. Hasilnya, seluruh *orthophoto* yang dihasilkan memenuhi standar ketelitian geometri peta RBI dan planimetrik peta dasar pendaftaran tanah.
2. Ayyubi dkk (2017) yang berjudul *Analisa Planimetrik Hasil Pemetaan Foto Udara Skala 1:1000 Menggunakan Wahana Fix Wing UAV (Studi Kasus: Kampus ITS, Sukolilo)*. Penelitian ini menggunakan wahana Fix Wing sebagai wahana akuisisi data foto udara. Fix Wing yang digunakan jenis SkyWalker untuk pemetaan ITS Sukolilo. Hasil penelitian tersebut memenuhi uji akurasi planimetrik dengan pedoman Perka BIG No. 15 Tahun 2014. Akan tetapi kekurangannya dari penelitian ini yaitu adanya

pergeseran relief. Maka untuk menghilangkan atau mengurangi, disarankan agar wahana terbang lebih dari satu kali untuk meminimalisir pergeseran relief.

3. Syauqani dkk (2017) yang berjudul *Pengaruh Variasi Tinggi Terbang Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadcopter DJI Phantom 3 Pro Pada Pembuatan Peta Orthophoto (Studi Kasus Kampus Universitas Diponegoro)*. Penelitian ini menggunakan wahana UAV DJI Phantom 3 Pro dengan ketinggian yang berbeda yaitu pada 80m dan 100m. Kesimpulan didapatkan dari hasil pengukuran dua ketinggian tersebut pada area yang sama. Pada ketinggian 80 didapatkan nilai uji ketelitian yang lebih baik dibandingkan pada ketinggian 100m. Tentu dengan resolusi spasial yang lebih bagus dibandingkan dengan ketinggian 100m. Kedua ketinggian tersebut memenuhi ketelitian geometri pada skala 1:5000 kelas 1. Kesimpulan yang didapat agar memiliki titik kontrol yang tersebar merata dan adanya langkah pengecekan hasil foto udara agar pada proses pengolahan foto tidak terdapat bagian yang hilang.
4. Putra dkk (2016) yang berjudul *Uji Akurasi Foto Udara dengan Menggunakan Data UAV pada Kawasan Padat Pemukiman Penduduk (Studi Kasus: Kawasan Padat Sayidan, Daerah Istimewa Yogyakarta)*. Penelitian ini menggunakan UAV Quadcopter DJI Phantom 3 Professional untuk pemotretan pada kawasan pada penduduk di Sayidan. Uji ketelitian menggunakan persamaan komisi dan amisi. Komisi adalah hasil interpretasi lebih panjang dari lapangan dan amisi hasil interpretasi lebih pendek dari lapangan. Didapat nilai akurasi yang baik menggunakan metode komisi dan amisi yaitu ketelitian mencapai 83% dan memiliki resolusi

spasial sebesar 2,1 cm. Resolusi ini didapat dengan ketinggian terbang 171 kaki atau sekitar 50 meter.

5. Hidayat dkk (2017) yang berjudul *Analysis of Horizontal Accuracy for Large Scale Rural Mapping Using Rotary Wing UAV Image*. Penelitian ini menggunakan UAV jenis Rotary Wing DJI Phantom 3 Advance untuk pemetaan skala besar Desa Kebonwaris. Terdapat 22 titik ICP yang tersebar diseluruh area desa. Didapat nilai RMSerrorX sebesar 0.088 meter dan RMSerrorY sebesar 0.169 meter. Resultan RMSerror horizontal sebesar 0.190 meter. Dibandingkan dengan nilai GSD (*Ground Sampling Distance*) sebesar 0.064 meter maka RMSerror mencapai tiga kali nilai GSD. Didapat nilai akurasi horizontal sebesar 0.289 meter dan masuk dalam pembuatan peta dasar dengan skala 1:2500 kelas 1 atau sama dengan skala 1:1000 kelas 2. Dari penelitian ini didapatkan ketelitian yang bagus dengan area cakupan pada saat terbang yang baik. Untuk meningkatkan ketelitian bisa menggunakan kalibrasi dari sensor kamera dengan akurasi mendekati nilai GSD.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi penelitian ini dilakukan di daerah ITS Sukolilo, Surabaya.



Gambar 3.1 Area Persebaran Titik GCP dan Titik ICP  
(Sumber : Ayyubi dkk, 2017)

Adapun luas lokasi penelitian ini yaitu 188 Hektar dengan batas wilayah menggunakan pengukuran batas wilayah tahun 2016.

### 3.2 Data dan Peralatan

#### 3.2.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Hasil foto udara yang diperoleh dari pemotretan dengan wahana Drone DJI Mavic Pro pada tanggal 07 – 10 April 2018
2. Koordinat GCP dan ICP (X,Y) dari pengamatan menggunakan GPS Geodetic. Terdapat 10 titik GCP dan 12 titik ICP

#### 3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan beberapa *hardware* dan *software* sebagai berikut :

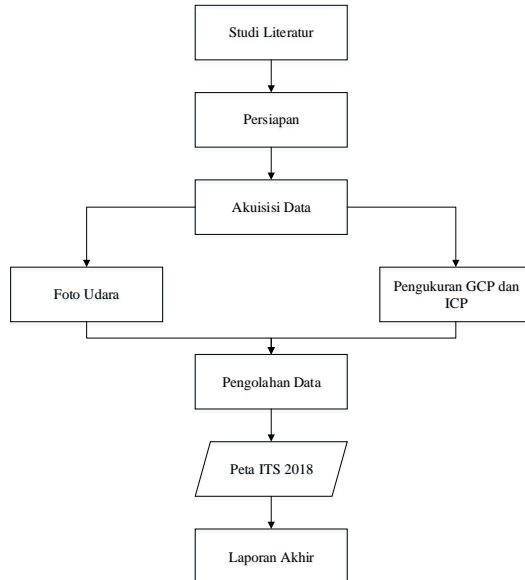
1. Perangkat Keras (*Hardware*)
  - DJI Mavic Pro sebagai wahana pemotretan udara
  - GPS Geodetik Topcon Hyper Pro untuk pengukuran *Ground Control Point* (GCP) dan *Independent Check Point* (ICP).
  - *Personal Computer* (PC) Intel® Core(TM) i5-4460 CPU @3.20GHz 2.30 GHz RAM 8,19 GB sebagai alat pengolahan data
  - Asus Vivobook Intel® Core(TM) i5-4200U CPU @1.60GHz 2.30 GHz RAM 4,00 GB sebagai alat penyajian data
2. Perangkat Lunak (*Software*)
  - DJI GO 4 sebagai remot kontrol UAV Drone
  - DroneDeploy sebagai pembuatan jalur terbang dan penerbangan drone secara otomatis
  - *Software* Agisoft PhotoScan Professional 1.3.2 untuk pengolahan *Structure from Motion*
  - *Software* Matlab 2017, Agisoft Lens 1.3.2 dan Photomodeler Scanner 6.2.2 untuk pengolahan kalibrasi pada kamera DJI Mavic Pro



- ArcMap 10.3 untuk penyajian data
- Microsoft Office 2013 untuk pembuatan laporan

### 3.3 Metodologi Penelitian

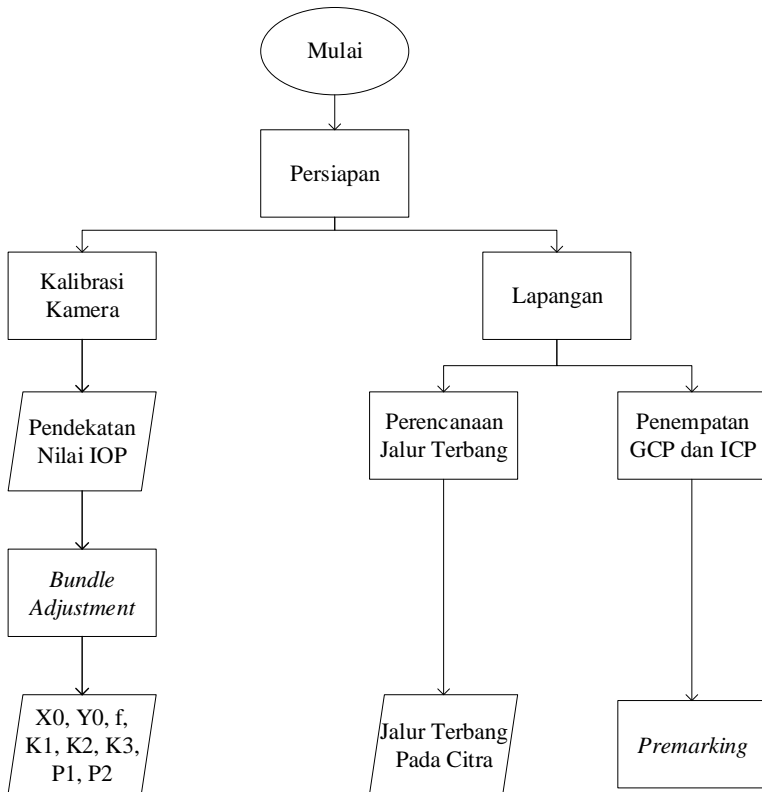
Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :



Gambar 3.2 Tahap Penelitian

### 3.3.1 Tahap persiapan

Terdapat beberapa kegiatan pada tahap persiapan ditunjukkan pada diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.3 Tahap Persiapan Penelitian

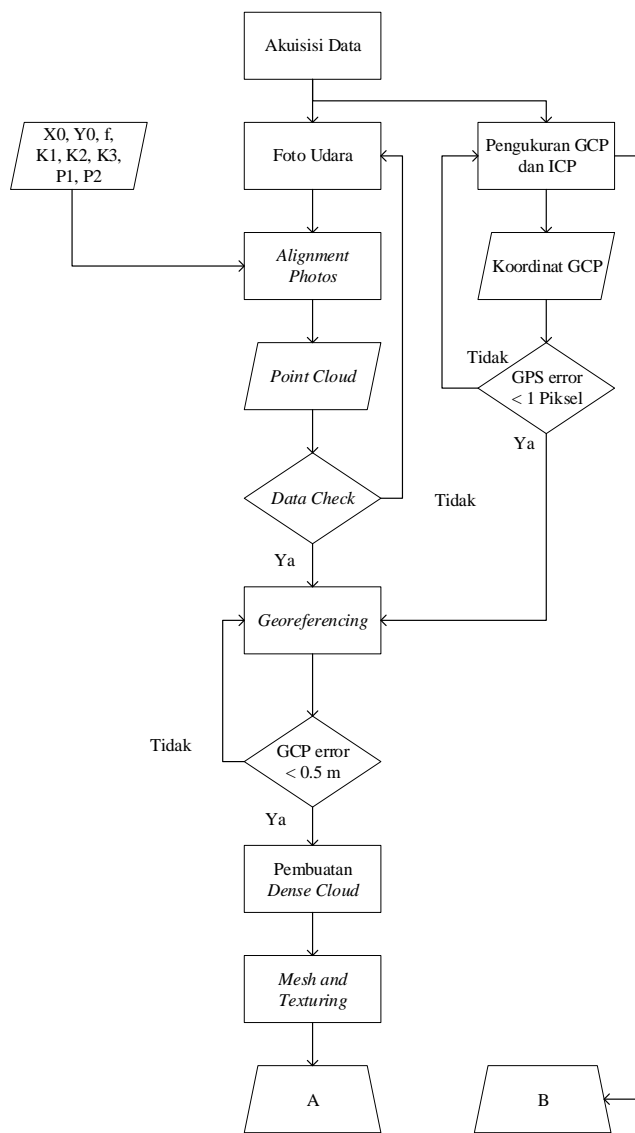
Adapun penjelasan dari diagram alir tersebut sebagai berikut :

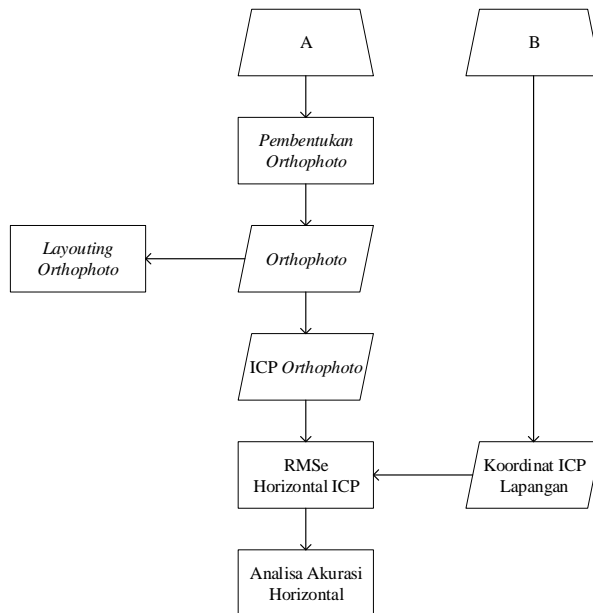
1. Tahapan persiapan dibagi menjadi dua yaitu kalibrasi kamera dan kegiatan lapangan.

2. Kalibrasi kamera dilakukan dengan metode *bundle adjustment*.
3. Pendekatan nilai IOP ini dilakukan di lab dengan menggunakan wahana drone. Bidang papan yang digunakan mengikuti prosedur dari software yang digunakan. Untuk Agisoft Lens menggunakan papan catur sebagai bidang kalibrasi.
4. Setelah itu didapatkan nilai IOP untuk dimasukkan kedalam software.
5. Kegiatan lapangan dibagi menjadi dua kegiatan yaitu perencanaan jalur terbang dan perencanaan lokasi titik GCP dan titik ICP.
6. Pembuatan jalur terbang dilakukan sebelum melakukan akuisisi data sesuai dengan *overlap*, *sidelap*, dan tinggi terbang yang ditentukan sebelumnya. Untuk perencanaan disesuaikan kebutuhan seperti GSD, ukuran foto, dan luas wilayah.
7. Penempatan titik GCP sesuai dengan aturan jaring kontrol horizontal BIG. Lalu setiap titik GCP diberikan premark untuk memudahkan proses *georeferencing*. Titik ICP diletakan sesuai dengan peta *orthophoto* yang dihasilkan agar lokasi tersebut bisa diidentifikasi secara visual.

### 3.3.2 Tahap Pengolahan Data

Terdapat beberapa kegiatan pada tahap pengolahan data ditunjukkan pada diagram alir sebagai berikut :





Gambar 3.4 Tahap Pengolahan Data

Adapun penjelasan dari diagram alir pengolahan data tersebut sebagai berikut :

1. Akuisisi data yang dilakukan berupa pengukuran foto udara menggunakan wahana Drone DJI Mavic Pro. Dilakukan pengukuran GCP dan ICP menggunakan GPS Geodetic
2. Setelah foto udara didapatkan, input foto tersebut ke software untuk di proses menjadi *orthophoto*, dimulai dari *align photos*. Setelah input hasil akuisisi foto, masukkan parameter kalibrasi kamera ke dalam software. Lakukan *alignment photos*. Pada *align photos*, foto – foto yang sudah didapat akan dimasukkan kedalam software dengan algoritma *structure from motion*. Maka akan terbentuk *point cloud* dari kumpulan foto – foto tersebut.

3. Bisa dilakukan metode *qcd* (*quality check of the data*) dengan melihat hasil proses sebelumnya. Apabila terdapat gambar yang tidak sempurna atau bahkan eror, maka dilakukan akuisisi data foto udara ditempat yang tidak sesuai tersebut. Apabila sudah sesuai maka dilanjutkan dengan proses selanjutnya
4. Setelah di *align*, lakukan proses *georeferencing* menggunakan koordinat GCP dari pengukuran GPS tersebut. Koordinat dari GPS tersebut harus memenuhi toleransi *error* kurang dari satu piksel. Hasil proses *georeferencing* akan terlihat nilai error keseluruhan. Toleransi yang diberika kurang dari 0.5 meter.
5. Lakukan proses *dense cloud*. Akan didapatkan *point cloud* dari foto yang didapat. Dari *point cloud* ini bisa dilihat bentuk apakah sesuai dengan gambar dilapangan atau tidak.
6. Dari *point cloud* tersebut, lakukan pembuatan *mesh* dan *texture* untuk mendapatkan hasil seperti di lapangan. Output dari meshing dan texturing adalah peta *orthophoto* yang sudah jadi.
7. Setelah peta *orthophoto* sudah jadi, lakukan pengukuran ICP dilapangan dan hitung nilai ICP di peta *orthophoto*. Dari kedua hasil koordinat tersebut dapat dihitung nilai akurasi horizontal.
8. Sesuai dengan PERKA BIG No.15 Tahun 2014, dapat ditentukan skala dan kelas ketelitian geometri yang dihasilkan dari wahana UAV Drone DJI Mavic
9. Lakukan analisis nilai akurasi horizontal dari kedua drone.

### 3.3.3 Tahap Penyajian Data

Hasil dari analisis tersebut, akan diolah menjadi kesimpulan dalam laporan penelitian ini. Setelah proses *layouting* peta *orthophoto*, peta akan di print di kertas A0. Analisis tersebut menjadi kesimpulan dalam penentuan akurasi horizontal dari wahana drone. Hasil dari seluruh penelitian ini akan disajikan dalam bentuk laporan dimulai dari data – data, proses akuisisi data, pengolahan data, hingga analisis data.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

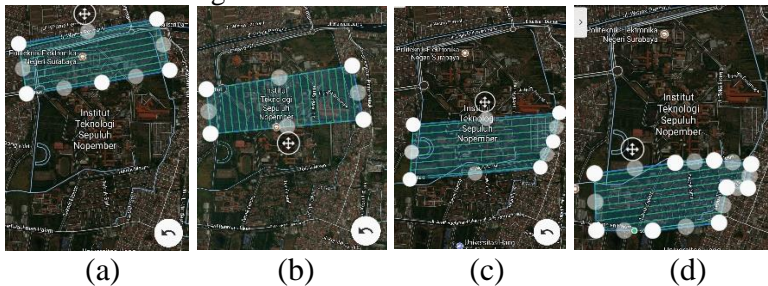


## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil

#### 4.1.1 Jalur Terbang

Pembuatan jalur terbang merupakan langkah awal dalam akuisisi data foto udara. Jalur terbang dibuat sesuai dengan kebutuhan dan wahana yang ada. Hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan jalur terbang adalah lama penerbangan wahana dan estimasi waktu baterai wahana. Untuk akuisisi foto udara ITS menggunakan Mavic Pro, dibagi menjadi empat jalur terbang.



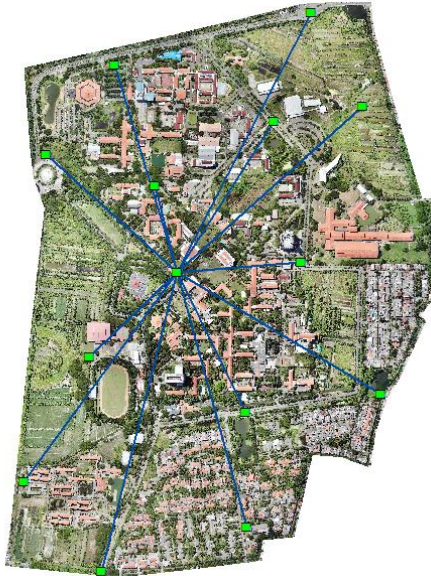
Gambar 4.1 Jalur Terbang Drone, (a) Jalur 1, (b) Jalur 2, (c) Jalur 3, dan (d) Jalur 4

Satu sesi jalur terbang dilakukan dalam satu hari dengan jangka waktu pukul 11.00 hingga 13.00 WIB. Satu sesi tersebut menggunakan baterai mavic sebanyak tiga baterai. Maka dalam satu sesi, drone akan terbang sebanyak tiga kali.

Luas area jalur terbang yang telah dibuat yaitu 180 Hektar. GSD yang didapat sebesar 5 cm dengan tinggi terbang 150 meter. Jarak *overlap* dan *sidelap* yaitu 80% dan 70% sehingga didapat luas satu foto sebesar 28.472,85 m<sup>2</sup>/foto.

#### 4.1.2 Hasil Pengukuran GCP dan ICP

Pengukuran GCP dan ICP menggunakan GPS Geodetik. Kedua titik tersebut menggunakan metode *static*. Untuk GCP dilakukan selama 30 menit dan ICP selama 15 menit. Pengukuran GCP dilakukan pada titik ikat yang telah dibuat pada daerah akuisisi data foto udara dan pengukuran ICP dilakukan pada titik – titik tempat yang telah ditentukan.



Gambar 4.2 Desain Jaring GCP

Hasil pengukuran GPS ini berupa koordinat *northing*, *easting*, dan *altitude* dengan sistem koordinat WGS84 / UTM zona 49 S. Berikut hasil pengukuran GCP dan ICP :

Tabel 4.1 Koordinat GCP Pengukuran GPS

Titik	Easting(m)	Northing(m)	Elevation(m)	RMSE(m)
Rektorat	698070,382	9194683,655	32,213	0
Asrama	697589,811	9194025,225	31,597	0,011
Blok T	698708,583	9194299,705	31,951	0,009
Bunderan	697658,824	9195053,216	31,543	0,006
Mulyosari	698489,523	9195496,572	32,884	0,004
Danau 8	698284,178	9194243,100	31,665	0,025
Desain	698373,558	9195154,470	31,744	0,017
FTK	698457,756	9194715,502	32,202	0,014
Fasor	697794,979	9194416,364	32,013	0,015
Mobil Listrik	698286,559	9193883,451	31,817	0,008
Gerbang ITS	697833,781	9193745,191	31,618	0,009
Robotika	698652,055	9195202,054	31,947	0,004
Tekling	698002,574	9194954,213	31,793	0,008
UPT	697874,927	9195332,158	31,645	0,025

Setelah memasukkan nilai koordinat maka akan di proses untuk mendapatkan error GCP pada proses *georeferencing*. Setelah melakukan seleksi, titik GCP dengan error yang tinggi tidak akan digunakan. Terdapat empat titik dengan error tinggi yaitu titik Blok T, FTK, Desain, dan Fasor. Setelah diseleksi, didapatkan total error GCP sebesar 0.073 m atau sekitar 7.3 cm.



Gambar 4.3 Hasil *Georeferencing* Titik GCP

Pengukuran titik ICP menggunakan metode radial dengan base yang sama dengan titik GCP yaitu Base Rektorat.



Gambar 4.4 Desain Jaring ICP

Setelah melakukan pengamatan selama 15 menit setiap titik ICP, didapat hasil data pengamatan sebagai berikut :

Tabel 4.2 Koordinat ICP Pengukuran GPS

Titik	Easting(m)	Northing(m)	RMSE(m)
Graha	697744,575	9195207,313	0,014
Parkiran Asrama	697809,131	9193985,343	0,015
Stadion	697831,299	9194306,186	0,012
Manarul	697956,432	9194719,202	0,024
Lapangan TL	697963,413	9194938,979	0,027
Taman BAAK	698084,031	9194582,746	0,013
Blok J	698230,238	9194137,445	0,008
Forensik	698311,930	9195269,633	0,013
Parkiran Mesin	698431,041	9194412,326	0,017
Blok T	698463,564	9194262,055	0,008
NASDEC	698510,371	9194967,329	0,005
Robotika	698522,361	9195171,969	0,007

Hasil 12 titik ini akan digunakan dalam proses uji ketelitian peta *orthophoto* yang dihasilkan. Setiap error titik ICP harus memenuhi toleransi kurang dari satu piksel.

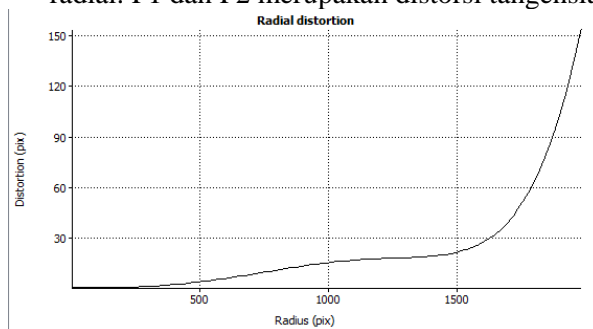
#### 4.1.3 Hasil Kalibrasi Kamera

Kalibrasi kamera menggunakan metode InLab untuk mendapatkan parameter intrinsik kamera. Kalibrasi dilakukan menggunakan kamera pada wahana DJI Mavic Pro yaitu Sony Exmor IMX377. Hasil pengambilan data kemudian diolah dengan Agisoft Lens. Didapat parameter sebagai berikut :

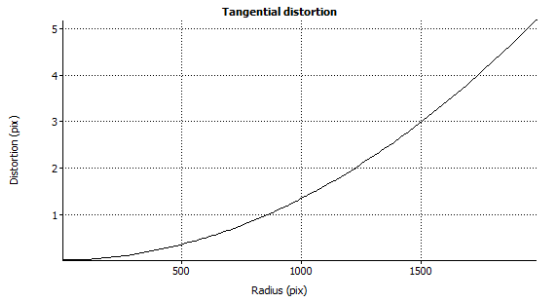
Tabel 4.3 Parameter Kalibrasi Kamera

Parameter	Nilai
$f$	3072
$x_0$	-30,46
$y_0$	-8,667
$K_1$	0,314
$K_2$	-2,105
$K_3$	4,326
$P_1$	-0,00032995
$P_2$	-0,00404273

Parameter tersebut merupakan parameter untuk software Agisoft Photoscan.  $f$  merupakan parameter *focal length* atau panjang focus,  $x_0$  dan  $y_0$  merupakan koordinat titik utama foto. Selain itu terdapat parameter distorsi yang dibagi menjadi dua yaitu distorsi radial dan tangensial.  $K_1$ ,  $K_2$ , dan  $K_3$  merupakan distorsi radial.  $P_1$  dan  $P_2$  merupakan distorsi tangensial.



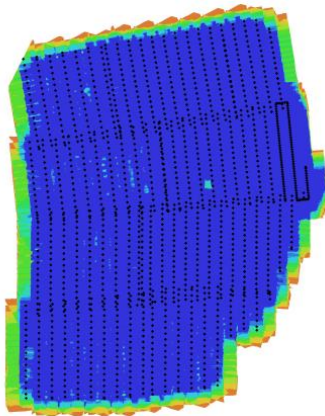
Gambar 4.5 Distorsi Radial



Gambar 4.6 Distorsi Tangensial

#### 4.1.4 Pengolahan *Orthophoto*

Langkah pertama dalam pengolahan *orthophoto* yaitu proses *alignment photos*. Pada proses ini, hasil akuisisi foto udara akan disatukan dan dibentuk *tie point*. Pembuatannya dilakukan secara otomatis dengan metode SfM algoritma *SIFT*. SfM menggunakan teori nilai piksel pada foto – foto yang diambil. DJI Mavic Pro memiliki GPS pada wahananya sehingga foto sudah dalam bentuk *geotagging photos*.



Gambar 4.7 Posisi Kamera Saat Pemotretan

Dalam area penelitian, setiap lokasi memiliki overlap lebih dari 9 foto. Berikut hasil pengolahan data yang didapat :

Tabel 4.4 Hasil *Alignment Photos*

Hasil	Nilai
Jumlah Foto	1654
Tinggi Terbang	163 m
GSD	4,88 cm/pix
Luas Wilayah	2,72 Km <sup>2</sup>
<i>Tie Point</i>	2.586.293

Didapat pertampalan hasil foto berupa titik *tie point* sebanyak 2,586,293 titik sebagai berikut :



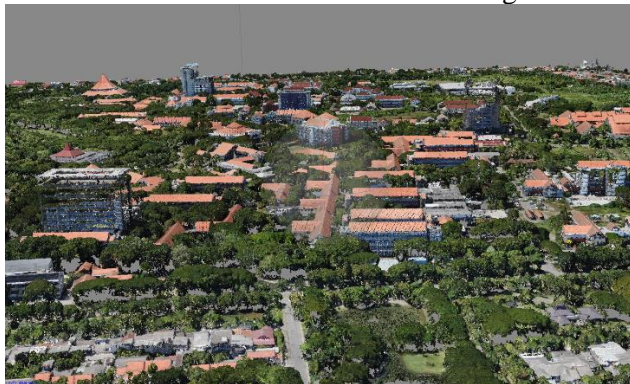
Gambar 4.8 *Tie Point* dan Posisi Kamera



Terlihat tidak ada lokasi yang bolong (*gap*). Maka proses *alignment photos* sudah berhasil. Selanjutnya pembuatan *dense cloud*. *Dense cloud* membuat kumpulan titik dari *tie point* yang dibuat atau disebut sebagai *point cloud*.



Gambar 4.9 Hasil *Dense Cloud* Tegak

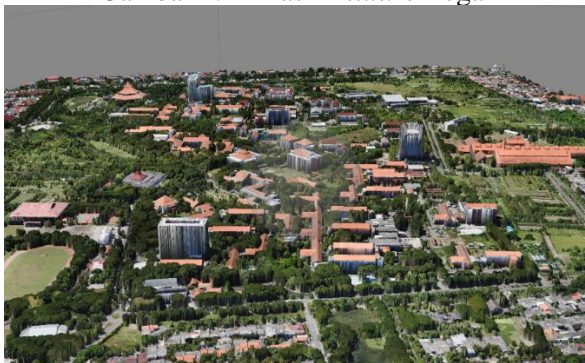


Gambar 4.10 Hasil *Dense Cloud* Bangunan

Setelah *dense cloud* sudah dihasilkan, lakukan seleksi *dense cloud* yang tidak diperlukan atau bisa disebut sebagai *noise*. Langkah selanjutnya pembentukan *Mesh* dan *Texture*. *Mesh* akan membuat polygon – polygon dari *dense cloud* yang terbentuk. Kemudian *Texture* dari foto yang diambil.



Gambar 4.11 Hasil *Texture* Tegak



Gambar 4.12 Hasil *Texture* Bangunan

#### 4.1.5 Hasil koordinat ICP *Orthophoto*

Setelah dihasilkan *orthophoto*, maka diambil koordinat ICP dengan memberikan marker pada titik di *orthophoto*. Berikut hasil koordinat ICP *orthophoto* :

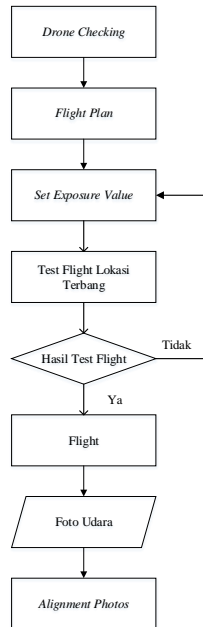
Tabel 4.5 Koordinat ICP *Orthophoto*

Titik	Easting(m)	Northing(m)
Graha	697744,613	9195207,511
Parkiran Asrama	697809,25	9193985,252
Stadion	697831,297	9194306,127
Manarul	697956,343	9194719,194
Lapangan TL	697963,552	9194938,989
Taman BAAK	698083,989	9194582,634
Blok J	698230,055	9194137,674
Forensik	698311,846	9195269,666
Parkiran Mesin	698430,787	9194412,425
Blok T	698463,297	9194262,145
NASDEC	698510,266	9194967,382
Robotika	698522,417	9195171,664

## 4.2 Pembahasan

Adapun pembahasan dari hasil penelitian pembuatan *orthophoto* dari proses kalibrasi hingga *orthophoto* yang dihasilkan sebagai berikut :

### 4.2.1 Prosedur Menggunakan DJI Mavic Pro



Gambar 4.13 Proses Akuisisi Data

Berikut penjelasan dari diagram akuisisi data menggunakan DJI Mavic Pro :

1. *Drone Checking* yaitu pemeriksaan drone dan remot kontrolnya. Mulai dari kalibrasi IMU, kompas, hingga memory card. Cek notifikasi hingga tes foto. Tes foto dimulai dari tes focus kamera, pengambilan foto, hingga tes *exposure*

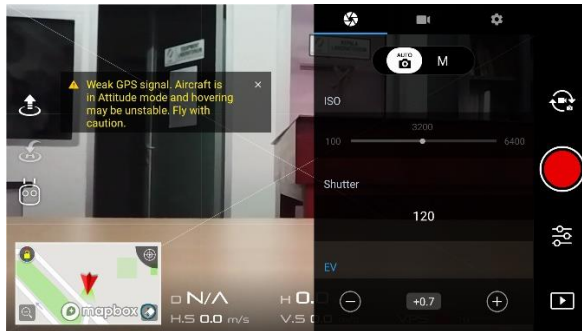
2. Langkah kedua pembuatan *flight plan*. Pembuatan *flight plan* meliputi pembuatan jalur terbang dan *setting overlap*, *sidelap*, dan *flight speed*. Nilai tersebut disesuaikan dengan kebutuhan. Kecepatan terbang disarankan 5 hingga 8 m/s agar foto tidak blur ketika *shutter speed* sedikit lebih lambat
3. *Set Exposure Value* menentukan segitiga *exposure*. ISO, *Shutter Speed*, dan *Aperture*. *Setting* tersebut dalam mode manual. Disarankan menggunakan mode manual agar nilai *shutter speed* memiliki nilai tetap. Mode otomatis akan menentukan nilai *exposure value* atau nilai cahaya pada foto. Semua foto memiliki nilai cahaya yang sama akan tetapi nilai segitiga *exposure* berubah – ubah. Hal ini menyebabkan beberapa blur dan noise pada foto. Pemilihan mode manual atau otomatis tergantung kebutuhan, cuaca, dan sinar matahari. Hal terpenting dalam DJI Mavic Pro adalah mematikan mode *Auto Focus Continuous* (AFC). AFC akan melakukan *autofocus* ketika terbang menyebabkan beberapa gambar blur apabila memiliki *shutter speed* yang rendah atau kecepatan terbang yang tinggi.
4. Lakukan *test flight* setelah semua parameter dibuat. Setelah itu dicek hasil data mulai dari *blur* hingga warna hasil foto. Apabila cahaya kurang pas atau beberapa foto blur maka ulangi dari *setting* ulang *exposure* kamera.
5. Setelah proses semua selesai, lakukan *flight* sesuai *flight plan* yang sudah dibuat. Pemilihan lokasi terbang juga hal yang penting agar drone tidak terkena masalah seperti terselip debu dan bantuan pada dinamo *propeller*.
6. Cek hasil akuisisi data setiap *flight*. Setelah warna dan focus pas. Lakukan proses *alignment photos* untuk melihat *hole* pada gambar



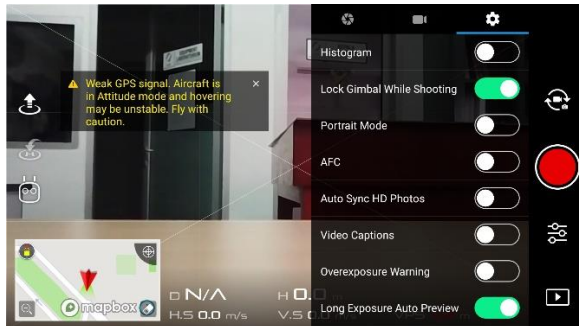
Gambar 4.14 Melepas Gimbal Protector



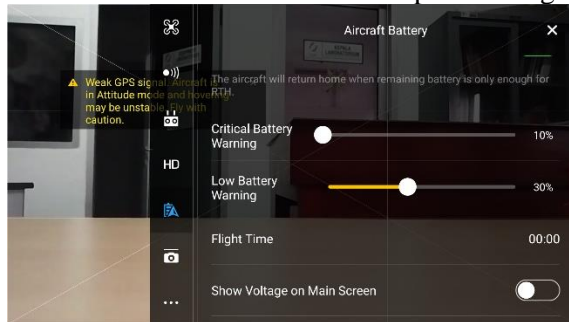
Gambar 4.15 Lokasi Take-Off



Gambar 4.16 Mengatur Nilai EV menjadi 0

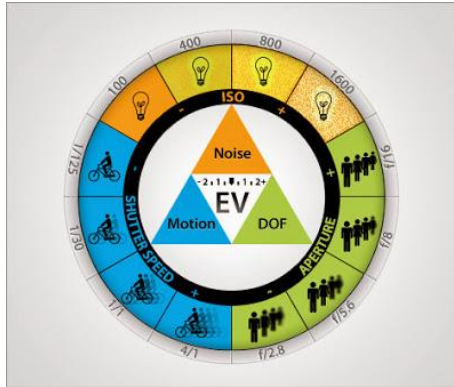


Gambar 4.17 Mematikan mode AFC pada setting foto



Gambar 4.18 Mengatur *Battery Warning*

Untuk pengaturan tingkat terang atau *exposure*, bisa disesuaikan dengan kondisi lapangan. Tentu mengikuti aturan segitiga *exposure* karena parameter satu dapat mempengaruhi parameter lainnya.



Gambar 4.19 Segitiga *Exposure*

Ketiga parameter tersebut adalah nilai *shutter speed*, *ISO*, dan *aperture*. *ISO* merupakan singkatan dari “International Standardization Organization”, dan di dalam dunia fotografi digunakan untuk mewakili tingkat sensitivitas sensor.

Pada *ISO* rendah (misalnya pada angka *ISO* 100 pada settingan kamera DSLR), sensor akan menangkap gambar secara lebih detail tetapi butuh lebih banyak cahaya sehingga gambar terlihat lebih gelap. Sebaliknya pada *ISO* tinggi (misalnya *ISO* > 6400), sensor kamera akan menjadi lebih sensitif sehingga gambar yang dihasilkan semakin terang.

*Aperture* atau bukaan diafragma lensa menentukan banyaknya cahaya yang diteruskan oleh lensa yang kemudian ditangkap oleh sensor kamera. Sebagai contoh adalah *F/8* yang berarti lensa tersebut akan terbuka dengan diameter sebesar  $\frac{1}{8}$  dari panjang focal lensa (*focal length*). Dengan kalian mengotak-atik *Aperture* ini, resiko atau dampak yang kalian dapatkan adalah *DOF* (*Depth of Field*) yaitu ketajaman gambar.





a)  $f/2$       b)  $f/4$       c)  $f/11$

Gambar 4.20 *Depth of Field*

*Depth of field* akan mengatur tingkat ketajaman gambar berdasarkan jarak dari lensa ke objek. Semakin besar diameter lensa maka semakin lebar DOFnya.

Shutter Speed atau dikenal juga dengan Exposure Time menentukan lamanya sensor kamera dalam menangkap citra dari suatu objek. Efek yang ditimbulkan apabila settingan shutter speednya kurang tepat adalah Freeze dan Motion Blur. Pada shutter speed cepat (misalnya  $1/1000$ ) objek akan terlihat tidak bergerak atau sering disebut dengan istilah efek “freezing”. Dan sebaliknya pada shutter speed rendah (semisal  $1/20$ ), objek akan terlihat kabur atau blur dan berbayang, umumnya disebut dengan istilah “motion blur”.

#### 4.2.2 Analisis Kalibrasi Kamera

Kalibrasi kamera menggunakan papan catur sebagai media kalibrasi untuk matlab dan agisoft. Untuk Photomodeler Scanner menggunakan papan dot. Untuk menguji hasil visual dan hasil *alignment* maka diambil beberapa foto untuk pembuatan *orthophoto* menggunakan parameter kalibrasi.



(a) Agisoft Lens. (b) Photomodeler Scanner (c) Agisoft PhotoScan

Gambar 4.21 Hasil Kalibrasi

Hasil dari matlab memiliki nilai distorsi radial yang tinggi, maka parameter tersebut tidak digunakan dalam *orthophoto*. Untuk Agisoft Lens dan Photomodeler Scanner memiliki parameter yang baik akan tetapi bila dibandingkan dengan parameter dari Agisoft Photoscan, masih lebih baik Agisoft Photoscan. Terdapat sedikit blur pada bagian tengah Agisoft Lens dan Photomodeler Scanner.

Tabel 4.6 Parameter Kalibrasi

Parameter	AgisoftLens	Photomodeler	Photoscan
f	3072,7	3004,63	3006,02
x0	-30,4604	-12,0357	-11,3465
y0	-8,67739	13,6315	-1,61901
k1	0,314904	0,170631	0,10614
k2	-2,10517	-1,20727	-0,552481
k3	4,3267	1,22599	1,19093
p1	-0,00032995	-0,000173648	-0,000287791
p2	-0,00404273	-0,000819854	0,000176407

Karena hasil yang terbaik dari Agisoft Photoscan, maka parameter kalibrasi diambil dari software tersebut.

#### 4.2.3 Analisis Georeferencing

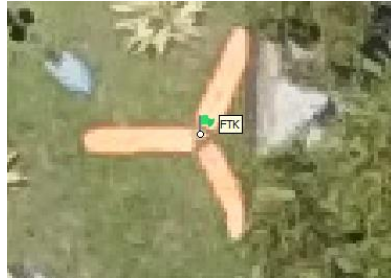
Setelah memasukkan marker dan koordinat marker, didapat nilai *error* proses *georeferencing* sebesar 0.604 m. Setelah menghilangkan GCP dengan *error* yang besar, maka didapat *error* total sebesar 0.073 m. Empat titik yang dihapus yaitu Blok T, Fasor, FTK, dan Desain. Beberapa analisis beberapa titik tersebut sebagai berikut :

1. Pada saat pemotretan udara daerah Blok T, dua dari tiga sisi marker hilang. Sehingga orientasi marker sangat sulit.



Gambar 4.22 Marker Blok T

2. Untuk daerah FTK dan desain, walaupun tidak ada yang menghalangi *elevation mask* GPS tetapi ada kemungkinan multipath karena sekitar titik tersebut ada tanaman dan pohon.



Gambar 4.23 Marker FTK

Setelah melakukan seleksi GCP, didapat nilai *error* GCP 0.073 m dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 4.7 Error Total Georeferencing

Label	X error(m)	Y error(m)	Z error(m)	Total(m)	Image(pix)
Mulyos	-0,017	0,073	0,011	0,076	0,701 (-21)
UPT	0,011	0,104	-0,005	0,105	0,503 (-16)
Bunderan	0,089	-0,022	-0,008	0,092	0,541 (-19)
Robotika	-0,089	-0,044	-0,010	0,100	0,698 (-24)
Rektorat	0,036	-0,040	0,009	0,055	0,584 (-20)
Asrama	0,065	0,009	-0,008	0,066	0,570 (-14)
Mobil Listrik	-0,029	-0,003	-0,011	0,032	0,501 (-16)
Danau 8	-0,076	-0,016	0,001	0,078	0,604 (-30)
Gerbang ITS	0,000	-0,058	0,012	0,059	0,403 (-15)
Tekling	0,016	-0,001	0,018	0,024	0,747 (-11)
Total	0,053	0,049	0,010	0,073	0,598

Dilihat dari table tersebut, *error* total tersebar yaitu 10 cm dan *error* terkecil yaitu 2 cm.

#### 4.2.4 Analisis *Orthophoto*

*Orthophoto* yang dihasilkan memiliki total *tie point* sebanyak 2,586,293 dan *dense point cloud* sebanyak 443,468,261 titik. Banyaknya *point cloud* mempengaruhi detail *orthophoto* yang dihasilkan. Akan tetapi masih terdapat beberapa kekurangan dalam *orthophoto* karena *relief displacement*.



Gambar 4.24 *Relief Displacement* Bangunan Tinggi

*Relief displacement* atau pergeseran relief terjadi pada bangunan tinggi. Hal ini menyebabkan bentuk atap bangunan atau bagian bangunan tinggi menjadi rusak. Hal ini disebabkan adanya noise saat pembentukan *dense cloud*.

Selain kekurangan dalam hal geometri, hasil dari penelitian ini dinilai *overexposure*. Penilaian ini dilihat dari perbandingan hasil *orthophoto* ITS tahun 2017 menggunakan *Fix-Wing* dan pemotretan dari satelit.



(a) ITS 2017

(b) Hasil *Orthophoto*

Gambar 4.25 Perbandingan *Exposure* Citra ITS

Hasil *orthophoto* yang didapat memiliki nilai *exposure* 0 atau bisa dinilai sebagai nilai sebenarnya. Salah satu penyebab *overexposure* karena intensitas pencahayaan pada saat pengambilan foto udara. Foto udara penelitian ini diambil pada pukul 11.00 hingga 13.00. Posisi matahari tepat berada di atas permukaan bumi sehingga cahaya matahari akan dipantulkan ke kamera dengan nilai *exposure* yang tinggi.

#### 4.2.5 Ketelitian Horizontal

Perhitungan ketelitian geometri horizontal menggunakan acuan pada aturan PERKA BIG No. 15 Tahun 2014. Uji ketelitian pada penelitian ini dilakukan terhadap koordinat horizontal (X,Y). Perhitungan diambil dari RMSe horizontal titik ICP. Titik ICP di lapangan akan dibandingkan dengan titik ICP pada *orthophoto*.

Aturan dari BIG menggunakan perhitungan *Circular Error* 90% (CE90). Ukuran ketelitian geometrik horizontal yang didefinisikan sebagai radius lingkaran yang menunjukkan 90% kesalahan atau perbedaan posisi horizontal obyek di peta dengan posisi yang dianggap sebenarnya tidak lebih besar dari radius tersebut.

Nilai CE90 diperoleh dari rumus :

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_r$$

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\Sigma(X_{model} - X_{lapangan})^2}{n}}$$

RMSE<sub>r</sub> berarti RMS error horizontal (X,Y). Didapat nilai RMSe Horizontal sebesar 0,176 meter. Setelah didapat nilai RMSe, Lakukan perhitungan nilai CE90.

Setelah dilakukan perhitungan ketelitian horizontal dari PERKA BIG, didapat nilai CE90 sebesar 0,267 m.

Nilai tersebut akan dicek di tabel uji CE90 PERKA BIG.

Dari tabel uji di atas dapat dilihat bahwa :

Tabel 4.8 Uji CE90 Skala 1:1000

Ketelitian	Hasil Uji CE90 (dalam m)	Ketelitian Peta Skala 1:1000		
		Kelas 1 (dalam m)	Kelas 2 (dalam m)	Kelas 3 (dalam m)
Horizontal	0,267	0,2	0,3	0,5

Dengan demikian peta skala 1:1000 yang dihasilkan tersebut memenuhi standar ketelitian peta dasar dengan ketelitian horizontal kelas 2.

Tabel 4.9 Uji CE90 Skala 1:2500

Ketelitian	Hasil Uji CE90 (dalam m)	Ketelitian Peta Skala 1:2500		
		Kelas 1 (dalam m)	Kelas 2 (dalam m)	Kelas 3 (dalam m)
Horizontal	0,267	0,5	0,75	1,25

Apabila diuji dengan ketelitian peta skala 1:2500, maka akan memenuhi pada kelas 1 dengan nilai maksimal 0,5 meter.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Penelitian ini menghasilkan peta ortofoto skala 1:1000 menggunakan wahana DJI Mavic Pro dengan cakupan wilayah kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Sukolilo Surabaya. Wilayah pemetaan memiliki luas 272 Hektar dengan tinggi terbang rata - rata 163 meter. Total foto yang didapat sebanyak 1,654 foto dan diolah menggunakan algoritma *Structure from Motion*. Pengambilan foto udara menggunakan *exposure value* 0 dan menggunakan pengaturan *fixed focus*. Pengambilan foto udara dilakukan secara otomatis dengan software Drone Deploy. Parameter – parameter untuk sensor kamera dimasukkan kedalam pengaturan dalam software tersebut
2. Nilai RMSe ICP pada *orthophoto* dan lapangan sebesar 0,176 meter atau sekitar 18 cm. Dari RMSe didapat nilai CE90 sebesar 0.267 m. CE90 didapat dari 1,5175 X nilai RMSe horizontal. CE90 menunjukkan 90% kesalahan horizontal tidak lebih dari radius tersebut. Dengan demikian peta skala 1:1000 yang dihasilkan tersebut memenuhi standar ketelitian peta dasar dengan ketelitian horizontal kelas 2.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan analisis dari penelitian ini, terdapat beberapa saran yang diberikan, yaitu :

1. Waktu pengambilan data sangat menentukan pengaturan kamera yang kita gunakan saat proses akuisisi data. Akan mempengaruhi tingkat kecerahan data dan tingkat focus kamera terhadap objek. Untuk waktu selain dari jam 11.00 hingga 13.00 siang lebih

baik menggunakan *exposure value* 0 yaitu dengan warna sebenarnya. Untuk pengambilan data pada siang hari menggunakan *exposure value* kurang dari 0 agar warna dikurangi tingkat kecerahannya.

2. Peneliti mengambil waktu akuisisi data pada pukul 11.00 hingga 13.00 untuk menghilangkan bayangan pada gambar. Apabila ingin memiliki hasil tanpa bayangan disarankan mengambil waktu tersebut. Akan tetapi menggunakan *exposure value* kurang dari 0 sehingga hasil akan lebih baik.
3. Mode manual sangat disarankan peneliti agar hasil data yang didapat sesuai dengan kebutuhan. Untuk proses *georeferencing* tentu memerlukan gambar dengan focus yang tinggi atau menggunakan pengaturan *shutter speed* yang lebih cepat kisaran 1/1000 hingga 1/1400. Tentu gambar akan lebih gelap, bisa diimbangi dengan nilai ISO. Tetapi semakin tinggi nilai ISO akan semakin tinggi noise eksposurennya.
4. Untuk daerah yang banyak bangunan tinggi, disarankan menggunakan jalur terbang khusus dengan ketinggian menyesuaikan tinggi bangunan agar dapat terbentuk orto yang baik. Akan tetapi dilakukan pemeriksaan *point cloud* untuk menghilangkan *noise*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aber, J.S., Marzolff, Irene, dan Ries, J. B. 2010. Small-Format Aerial Photography, First Edition. Amsterdam: Elsevier.
- Adi, A. P., Prasetyo, Y., dan Yuwono, B.D 2017. Pengujian Akurasi Dan Ketelitian Planimetrik Pada Pemetaan Bidang Tanah Pemukiman Skala Besar Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
- Axis. 2010. CCD And CMOS Sensor Technology, white paper, Axis Communication AB.
- Ayyubi, A.S.A., Cahyono, A. B., dan Hidayat, H. 2017. Analisa Planimetrik Hasil Pemetaan Foto Udara Skala 1:1000 Menggunakan Wahana Fix Wing UAV (Studi Kasus: Kampus ITS, Sukolilo). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Corrigan, F. 2017. Introduction To UAV Photogrammetry And Lidar Mapping Basics. <https://www.dronezon.com/learn-about-drones-quadcopters/introduction-to-uav-photogrammetry-and-lidar-mapping-basics/>. Dikunjungi pada 2 Februari 2018, jam 03.00 WIB.
- Dempsey, C. 2003. Orthophotos and GIS. <https://www.gislounge.com/orthophotos-and-gis/>. Dikunjungi pada 26 Februari 2018, jam 01.00 WIB.
- DJI. 2018. Mavic Pro. <https://www.dji.com/mavic>. Dikunjungi pada 16 Januari 2018, Jam 16.00 WIB.
- Eisenbeiss, H. 2009. UAV Photogrammetry. Zurich: ETH Zurich.
- Fajar, E. 2017. Pesawat Tanpa Awak / UAV (Unmanned Aerial Vehicle). <http://www.citrasatelit.com/pesawat-tanpa-awak-uav/>. Dikunjungi pada 16 Januari 2018. Jam 17.05 WIB.
- Fraser, C. S. 1997. Digital camera self-calibration. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. [https://doi.org/10.1016/S0924-2716\(97\)00005-1](https://doi.org/10.1016/S0924-2716(97)00005-1).

- Gray, D. 2014. Distortion 101 – Lens vs. Perspective. <http://www.drewgrayphoto.com/learn/distortion101>.  
Dikunjungi pada 25 Februari 2018, Jam 23.00 WIB.
- Harintaka, S., Tanjung, A. M., 2008. Evaluasi Penerapan Mini Bundle Block Adjustment Pada Foto Udara Format Kecil. No. 3 Tahun XXX Edisi Agustus 2008 ISSN 0216-3012, Media Teknik.
- Hidayat, H., Sukojo, B. M. 2017. Analysis of Horizontal Accuracy for Large Scale Rural Mapping Using Rotary Wing UAV Image. IOP Publishing Ltd.
- Putra, A.S. dkk. 2016. “Uji Akurasi Foto Udara dengan Menggunakan Data UAV pada Kawasan Padat Pemukiman Penduduk (Studi Kasus: Kawasan Padat Sayidan, Daerah Istimewa Yogyakarta)”. Jakarta: LAPAN
- Raizman, Y. 2018. Medium-format Cameras for High-accuracy Mapping. <https://www.gim-international.com/content/article/medium-format-cameras-for-high-accuracy-mapping>. Dikunjungi pada 25 Februari 2018, Jam 23.00 WIB.
- Slama, C. C. 1980. Manual of Photogrammetry 4<sup>th</sup> Edition. Falls Church: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. ISBN: 0-937294-01-2
- Sutanto. 1995. Penginderaan Jauh Dasar. Yogyakarta: Fak. Geografi UGM.
- Syauqani, A., Subiyanto, S., Suprayogi, A. 2017. Pengaruh Variasi Tinggi Terbang Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadcopter DJI Phantom 3 Pro Pada Pembuatan Peta Orthophoto (Studi Kasus Kampus Universitas Diponegoro). Semarang: Teknik Geodesi Universitas Diponegoro
- Szondy, D. 2017. Vanilla VA001 sets new drone endurance record after five days aloft. <https://newatlas.com/vanilla-va001-record/51952/>. Dikunjungi pada 23 Februari 2018, Jam 14.00 WIB.

- Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., Reynolds, J. M. 2012. 'Structure from Motion' Photogrammetry: A low – cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 300-314
- Wolf, P. R. dan Dewitt, B. A. (2004). *Element of Photogrammetry with Applications In GIS* 3<sup>rd</sup> Edition. Singapore: McGraw-Hill Book Company. ISBN: 007-292454-3
- Yilmaz, O., Karakus, F. 2013. *Stereo and Kinect Fusion for Continuous 3D Reconstruction and Visual Odometry*. Ankara: IEEE

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN

### Lampiran Foto Udara



Gambar 1. Take-Off DJI Mavic Pro (Asrama ITS)



Gambar 2. Pelepasan Gimbal dan Camera *Protector*



Gambar 3. Persiapan Peralatan DJI Mavic Pro



Gambar 4. *Set-Up Mission* di remot kontrol





Gambar 5. *Landing* DJI Mavic Pro (Parkiran D3Mesin ITS)



Gambar 6. Akuisisi Data DJI Mavic Pro

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



Departemen Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur.  
Kode Pos: 60111. Telp. : 031-5939361. Fax. : 031-  
5939362

NAMA TITIK

GCP Asrama

FORMULIR DESKRIPSI TITIK GPS

Metode Pengukuran : **Statik**

Lokasi : **Asrama ITS Sukolilo Surabaya**

Waktu Pengamatan: **Mulai: 14:44:15**

**Akhir 15:19:30**

**Tanggal: Minggu, 8 April 2018**

Koordinat Pendekatan: L:..... B:..... T: ...Elipsoid:..

Receiver: Ashtech/ Topcon/Leica/Trimble/: **Topcon**, Model: **Hiper Pro**. S/N:

Antena: Ashtech/**Topcon**/Leica/....., Model:.....

S/N:.....

Tinggi Antena: **Miring/Tegak**; sebelum : **1,476 m**; sesudah : **1,476 m**

Uraian Lokasi : Berada di sebelah barat daya ITS, Sebelah Barat Asrama ITS

Kenampakan Menonjol : Asrama Mahasiswi ITS

Jalan ke Lokasi : Baik

Transportasi & Akomodasi ke Lokasi : Dapat dilalui dengan motor, kemudian berjalan kaki menuju lokasi patok.

**Tahun : 2018**

Foto Lokasi Ke Arah Utara



Foto Lokasi Ke Arah Timur



Foto Lokasi Ke Arah Selatan



Foto Lokasi Ke Arah BARAT





Departemen Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur.  
Kode Pos: 60111. Telp. : 031-5939361. Fax. : 031-5939362

NAMA TITIK

GCP Gor

FORMULIR DESKRIPSI TITIK GPS

Metode Pengukuran : **Statik (30 menit)**

Lokasi : **Gor Pertamina**

Waktu Pengamatan: **Mulai: 10:26:30**

**Akhir 10:57:45**

**Tanggal: Minggu, 8 April 2018**

Koordinat Pendekatan: L:..... B:..... T: ...Elipsoid:..

Receiver: Asstech/ Topcon/Leica/Trimble/: **Topcon**, Model: **Hiper Pro**, S/N: .....

Antena: Ashtech/**Topcon**/Leica/....., Model:**Hiper Pro**

Tinggi Antena: **Miring/Tegak**; sebelum : **0,989 m**; sesudah : **0,989 m**

Uraian Lokasi : Sebelah selatan lapangan mini soccer dang or pertamina

Kenampakan Menonjol : lapangan mini soccer

Jalan ke Lokasi : Baik

Transportasi & Akomodasi ke Lokasi : Dapat dilalui dengan motor, kemudian berjalan kaki menuju lokasi patok.

**Tahun : 2018**

Foto Lokasi Ke Arah Utara



Foto Lokasi Ke Arah Timur



Foto Lokasi Ke Arah Selatan



Foto Lokasi Ke Arah Barat







Departemen Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur.  
Kode Pos: 60111. Telp. : 031-5939361. Fax. : 031-5939362

NAMA TITIK

GCP Danau 8

FORMULIR DESKRIPSI TITIK GPS

Metode Pengukuran : **Statik (30 menit)**

Lokasi : **Danau 8**

Waktu Pengamatan: **Mulai: 11:11:15**

**Akhir 11:43:15**

**Tanggal: Minggu, 8 April 2018**

Koordinat Pendekatan: L:..... B:..... T: ...Elipsoid:..

Receiver: Ashtech/ Topcon/Leica/Trimble/: **Topcon**, Model: **Hiper Pro**..... S/N: .....

Antena: Ashtech/**Topcon**/Leica/..... Model:**Hiper Pro**

Tinggi Antena: **Miring/Tegak**; sebelum : **1,180 m**; sesudah : **1,180 m**

Uraian Lokasi : **Sebelah utara Danau 8**

Kenampakan Menonjol : **Danau 8 dan FTI**

Jalan ke Lokasi : **Baik**

Transportasi & Akomodasi ke Lokasi : **Dapat dilalui dengan motor, kemudian berjalan kaki menuju lokasi patok.**

**Tahun : 2018**

Foto Lokasi Ke Arah Utara



Foto Lokasi Ke Arah Timur



Foto Lokasi Ke Arah Selatan



Foto Lokasi Ke Arah Barat







Departemen Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur.  
Kode Pos: 60111. Telp. : 031-5939361. Fax. : 031-5939362

NAMA TITIK

GCP Mobil  
Listrik

FORMULIR DESKRIPSI TITIK GPS

Metode Pengukuran : **Statik (30 menit)**

Lokasi : **Mobil Listrik**

Waktu Pengamatan: **Mulai: 11:52:00**

**Akhir 12:23:00**

**Tanggal: Minggu, 8 April 2018**

Koordinat Pendekatan: L:..... B:..... T: ...Elipsoid:..

Receiver: Ashtech/ Topcon/Leica/Trimble/: **Topcon**, Model: **Hiper Pro**..... S/N: .....

Antena: Ashtech/**Topcon**/Leica/..... Model:**Hiper Pro**

Tinggi Antena: **Miring/Tegak**; sebelum : **1,277 m**; sesudah : **1,277 m**

Uraian Lokasi : Sebelah barat Gedung Mobil Listrik

Kenampakan Menonjol : Gedung Mobil Listrik

Jalan ke Lokasi : Baik

Transportasi & Akomodasi ke Lokasi : Dapat dilalui dengan motor, kemudian berjalan kaki menuju lokasi patok.

**Tahun : 2018**

Foto Lokasi Ke Arah Utara



Foto Lokasi Ke Arah Timur



Foto Lokasi Ke Arah Selatan



Foto Lokasi Ke Arah Barat





Departemen Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur.  
Kode Pos: 60111. Telp. : 031-5939361. Fax. : 031-5939362

NAMA TITIK

GCP Pos  
Keputih

FORMULIR DESKRIPSI TITIK GPS

Metode Pengukuran : **Statik (30 menit)**

Lokasi : **Pos Keputih**

Waktu Pengamatan: **Mulai: 12:33:00**

**Akhir 13:04:00**

**Tanggal: Minggu, 8 April 2018**

Koordinat Pendekatan: L:..... B:..... T: ...Elipsoid:..

Receiver: Ashtech/ Topcon/Leica/Trimble/: **Topcon**, Model: **Hiper Pro**..... S/N: .....

Antena: Ashtech/**Topcon**/Leica/..... Model:**Hiper Pro**

Tinggi Antena: **Miring/Tegak**; sebelum : **1,205 m**; sesudah : 1,205 m

Uraian Lokasi : **Sebelah selatan pos satpam keputih**

Kenampakan Menonjol : **Pos satpam keputih ITS**

Jalan ke Lokasi : **Baik**

Transportasi & Akomodasi ke Lokasi : **Dapat dilalui dengan motor, kemudian berjalan kaki menuju lokasi patok.**

**Tahun : 2018**

Foto Lokasi Ke Arah Utara



Foto Lokasi Ke Arah Timur



Foto Lokasi Ke Arah Selatan



Foto Lokasi Ke Arah Barat







Departemen Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**  
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur.  
Kode Pos: 60111. Telp. : 031-5939361. Fax. : 031-  
5939362

**NAMA TITIK**

**ICP Forensik**

**FORMULIR DESKRIPSI TITIK GPS**

Metode Pengukuran : **Statik (15 menit)**

Lokasi : **Gedung Forensik ITS**

Waktu Pengamatan: **Mulai: 15:48:00**

**Akhir 16:03:45**

**Tanggal: Minggu 8 April 2018**

Koordinat Pendekatan: L:..... B:..... T: ...Elipsoid:..

Receiver: Ashtech/ Topcon/Leica/Trimble/: **Topcon**, Model: **Hiper Pro**..... S/N:

.....

Antena: Ashtech/**Topcon**/Leica/ **Topcon**....., Model:**Hiper Pro**

Tinggi Antena: **Miring/Tegak**; sebelum : **1,440 m**; sesudah : **1,440 m**

Uraian Lokasi : Berada di sebelah utara gedung forensik tepatnya di lapangan

Kenampakan Menonjol : Gedung Forensik ITS

Jalan ke Lokasi : Baik

Transportasi & Akomodasi ke Lokasi : Dapat dilalui dengan motor, kemudian berjalan kaki menuju lokasi patok.

**Tahun : 2018**

**Foto Lokasi Ke Arah Utara**



**Foto Lokasi Ke Arah Timur**



Foto Lokasi Ke Arah Selatan



Foto Lokasi Ke Arah Barat





Departemen Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**  
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur.  
Kode Pos: 60111. Telp. : 031-5939361. Fax. : 031-  
5939362

**NAMA TITIK**

**ICP Robotika**

**FORMULIR DESKRIPSI TITIK GPS**

Metode Pengukuran : **Statik (15 menit)**

Lokasi : **Gedung Robotika ITS**

Waktu Pengamatan: **Mulai: 16:10:15**

**Akhir 16:26:15**

**Tanggal: Minggu, 8 April 2018**

Koordinat Pendekatan: L:..... B:..... T: ...Elipsoid:..

Receiver: Ashtech/ Topcon/Leica/Trimble/: **Topcon**, Model: **Hiper Pro**..... S/N: .....

Antena: Ashtech/**Topcon**/Leica/....., Model:**Hiper Pro**

Tinggi Antena: **Miring/Tegak**; sebelum : **1,465 m**; sesudah : **1,465 m**

Uraian Lokasi : Berada di sebelah timur gedung robotika

Kenampakan Menonjol : Gedung Robotika ITS

Jalan ke Lokasi : Baik

Transportasi & Akomodasi ke Lokasi : Dapat dilalui dengan motor, kemudian berjalan kaki menuju lokasi patok.

**Tahun : 2018**

**Foto Lokasi Ke Arah Utara**



**Foto Lokasi Ke Arah Timur**



Foto Lokasi Ke Arah Selatan



Foto Lokasi Ke Arah Barat







Departemen Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**  
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur.  
Kode Pos: 60111. Telp. : 031-5939361. Fax. : 031-  
5939362

**NAMA TITIK**

**ICP Parkiran  
Asrama**

**FORMULIR DESKRIPSI TITIK GPS**

Metode Pengukuran : **Statik (15 menit)**

Lokasi : **Parkiran Asrama ITS**

Waktu Pengamatan: **Mulai: 15:37:00**

**Akhir 15:53:15**

**Tanggal: Minggu, 8 April 2018**

Koordinat Pendekatan: L:..... B:..... T: ...Elipsoid:..

Receiver: Ashtech/ Topcon/Leica/Trimble/: **Topcon**, Model: **Hiper Pro**..... S/N: .....

Antena: Ashtech/**Topcon**/Leica/....., Model:**Hiper Pro**

Tinggi Antena: **Miring/Tegak**; sebelum : **1,406 m**; sesudah : **1,406 m**

Uraian Lokasi : Dalam parkir motor asrama ITS

Kenampakan Menonjol : Gedung Asrama Wanita ITS

Jalan ke Lokasi : Baik

Transportasi & Akomodasi ke Lokasi : Dapat dilalui dengan motor, kemudian berjalan kaki menuju lokasi patok.

**Tahun : 2018**

**Foto Lokasi Ke Arah Utara**



**Foto Lokasi Ke Arah Timur**



Foto Lokasi Ke Arah Selatan



Foto Lokasi Ke Arah Barat





Departemen Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER**  
Kampus ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur.  
Kode Pos: 60111. Telp. : 031-5939361. Fax. : 031-  
5939362

**NAMA TITIK**

**ICP Stadion  
ITS**

**FORMULIR DESKRIPSI TITIK GPS**

Metode Pengukuran : **Statik (15 menit)**

Lokasi : **Stadion ITS**

Waktu Pengamatan: **Mulai: 16:07:00**

**Akhir 16:22:45**

**Tanggal: Minggu, 8 April 2018**

Koordinat Pendekatan: L:..... B:..... T: ...Elipsoid:..

Receiver: Ashtech/Topcon/Leica/Trimble/: **Topcon**, Model: **Hiper Pro**..... S/N:.....

Antena: Ashtech/**Topcon**/Leica/....., Model:**Hiper Pro**

Tinggi Antena: **Miring/Tegak**; sebelum : **1,402 m**; sesudah : **1,402 m**

Uraian Lokasi : Pinggiran jalur lari stadion

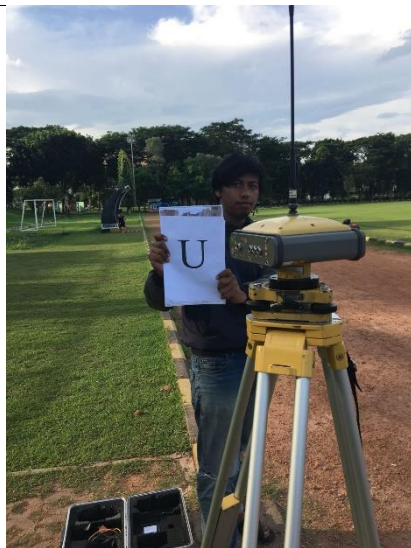
Kenampakan Menonjol : Gedung Stadion ITS

Jalan ke Lokasi : Baik

Transportasi & Akomodasi ke Lokasi : Dapat dilalui dengan motor, kemudian berjalan kaki menuju lokasi patok.

**Tahun : 2018**

**Foto Lokasi Ke Arah Utara**



**Foto Lokasi Ke Arah Timur**

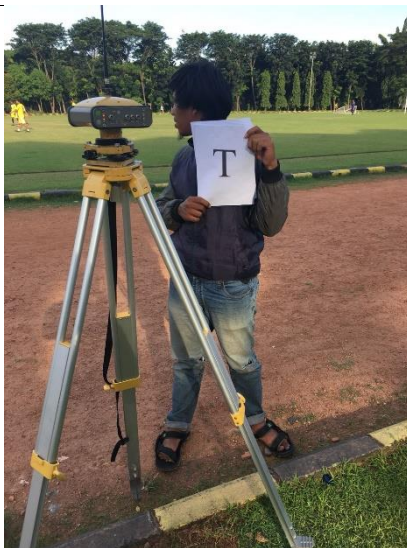


Foto Lokasi Ke Arah Selatan

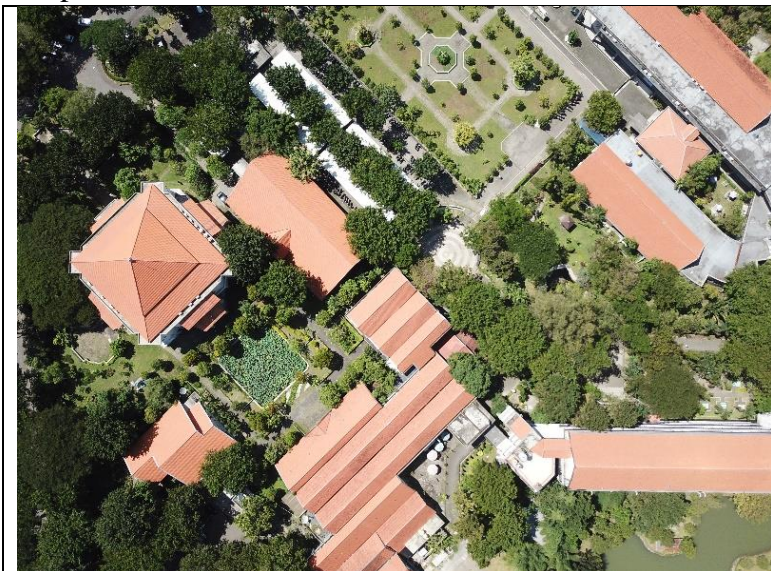


Foto Lokasi Ke Arah Barat

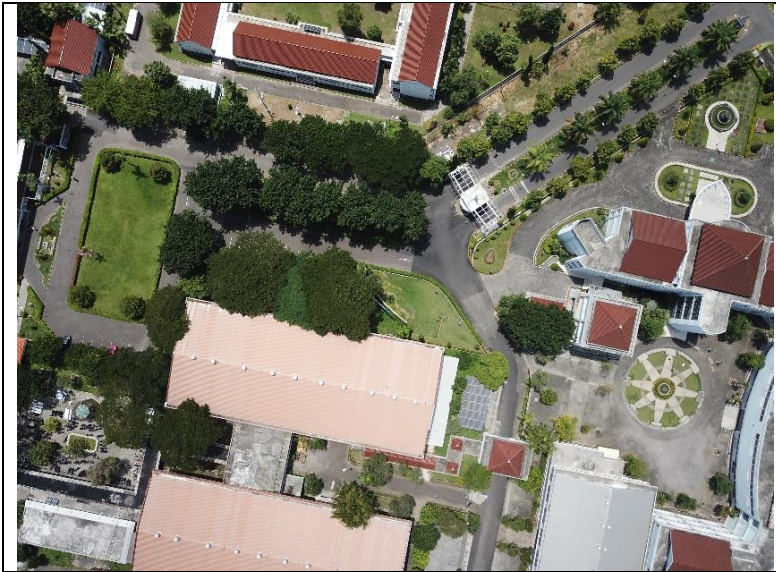




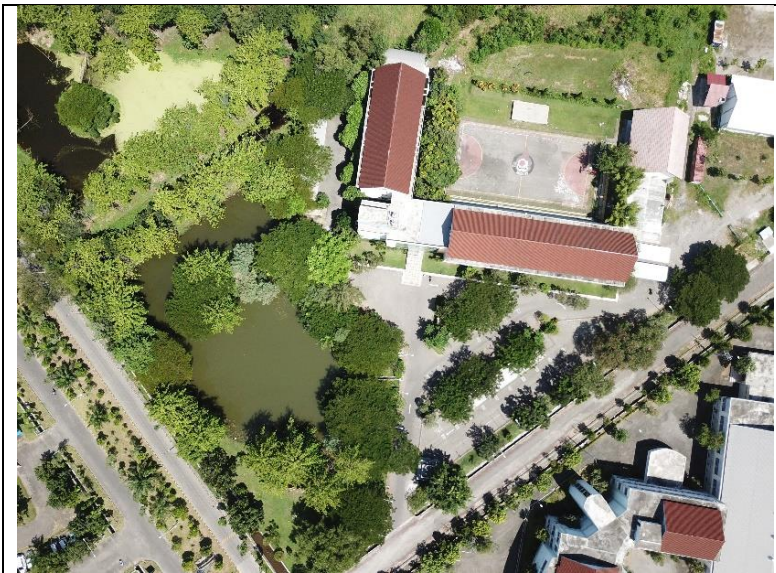
## Lampiran Hasil Pemotretan



Name	DJI_0179.JPG
Altitude	171,616 meter
Focal Length	5 mm
F-Stop	f/2,2
Exposure Time	1/857 sec
ISO Speed	ISO-100
Date/Time	4/9/2018 13:19
Situasi Cuaca	Cerah
Koordinat Foto	7;17;0,68409999998579 112;47;38,93790000019



Name	DJI_0334.JPG
Altitude	176,058 meter
Focal Length	5 mm
F-Stop	f/2,2
Exposure Time	1/1287 sec
ISO Speed	ISO-100
Date/Time	4/7/2018 12:06
Situasi Cuaca	Cerah
Koordinat Foto	7;16;39,73129999955 112;47;42,8697999985



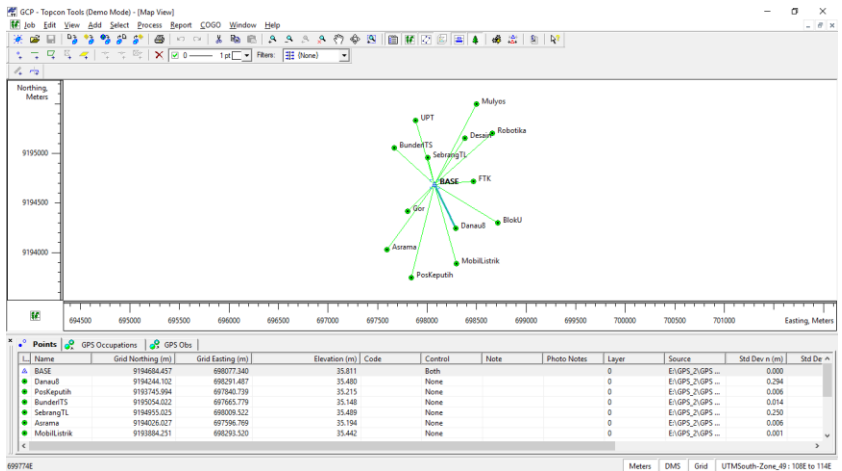
Name	DJI_0237.JPG
Altitude	175,958 meter
Focal Length	5 mm
F-Stop	f/2,2
Exposure Time	1/890 sec
ISO Speed	ISO-100
Date/Time	4/8/2018 12:49
Situasi Cuaca	Cerah
Koordinat Foto	7;16;42,96970000001367 112;47;48,142600000020



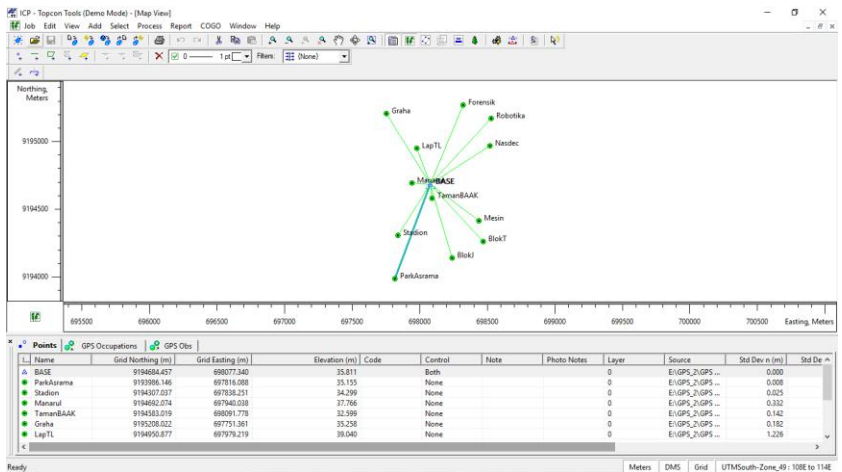
Name	DJI_0039.JPG
Altitude	168,516 meter
Focal Length	5 mm
F-Stop	f/2,2
Exposure Time	1/1706 sec
ISO Speed	ISO-100
Date/Time	4/8/2018 12:50
Situasi Cuaca	Cerah
Koordinat Foto	7;16;52,327499999939 112;47;51,07780000028



## Lampiran Pengolahan GPS



## Desain Jaringan GCP




## Desain Jaringan ICP

## GCP

GPS Observations - Topcon Tools Report Viewer

File Edit Help

Save As... Select All Copy Print



**Project Summary**

Project name: **Blok U.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

**GPS Observations**


Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-BlokU	-383.950	638.201	-0.262	0.009	0.018

## Report GCP Blok U

GPS Observations - Topcon Tools Report Viewer

File Edit Help

Save As... Select All Copy Print




**Project Summary**

Project name: **Bunderan ITS.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

**GPS Observations**

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-BunderITS	369.561	-411.558	-0.670	0.006	0.009

## Report GCP BunderanITS



**Project Summary**

Project name: **Asrama.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

**GPS Observations**

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
Asrama-BASE	658.430	480.571	0.616	0.012	0.011

## Report GCP Asrama



### Project Summary

Project name: **Desain.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-Desain	470.815	303.176	-0.469	0.017	0.014

## Report GCP Bunderan Desain



### Project Summary

Project name: **Bunderan Mulyos.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-Mulyos	812.917	419.141	0.671	0.004	0.005

## Report GCP Bunderan Mulyosari



### Project Summary

Project name: **Danau 8.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-Danau8	-440.555	213.796	-0.548	0.030	0.037

## Report GCP Danau 8



### Project Summary

Project name: **FTK.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-FTK	31.847	387.374	-0.011	0.014	0.023

## Report GCP FTK



### Project Summary

Project name: **Gor.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-Gor	-267.291	-275.403	-0.200	0.015	0.017

## Report GCP Gor



### Project Summary

Project name: **Mobil Listrik.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-MobilListrik	-800.204	216.177	-0.396	0.008	0.016

## Report GCP Mobil Listrik



### Project Summary

Project name: **Pos Keputih.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-PosKeputih	-938.464	-236.601	-0.595	0.009	0.017

## Report GCP Pos Keputih



### Project Summary

Project name: **Robotika.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-Robotika	518.399	581.673	-0.266	0.004	0.007

## Report GCP Robotika



### Project Summary

Project name: **Sebrang TL.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-SebrangTL	270.558	-67.808	-0.420	0.008	0.010

## Report GCP Teknik Lingkungan

**Project Summary**Project name: **UPT.ttp**

Surveyor:

Comment:

Linear unit: **Meters****GPS Observations**

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-UPT	648.503	-195.455	-0.568	0.025	0.030


**Report GCP UPT**

## ICP

GPS Observations - Topcon Tools Report Viewer

File Edit Help

Save As... Select All Copy Print



**Project Summary**

Project name: **Graha.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

**GPS Observations**


Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-Graha	523.658	-325.807	-0.729	0.012	0.019

### Report ICP Graha

GPS Observations - Topcon Tools Report Viewer

File Edit Help

Save As... Select All Copy Print




**Project Summary**

Project name: **Mesin.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

**GPS Observations**

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-Mesin	-271.329	360.659	-0.792	0.017	0.033

### Report ICP Mesin



**Project Summary**

Project name: **Blok J.ttp**  
 Surveyor: **Kevin Imam**  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

**GPS Observations**

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
Base-BlokJ	-546.210	159.856	-1.222	0.005	0.012

### Report ICP Blok J



### Project Summary

Project name: **Blok T.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-BlokT	-421.600	393.182	-0.960	0.014	0.026

## Report ICP Blok T



### Project Summary

Project name: **Forensik.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-Forensik	585.978	241.548	-0.397	0.015	0.039

## Report ICP Forensik



### Project Summary

Project name: **LapTL.ttp**  
 Surveyor: **Kevin Imam**  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
Base-LapTL	255.324	-106.969	-0.827	0.027	0.093

## Report ICP Lapangan TL





### Project Summary

Project name: **Manarul.ttp**  
 Surveyor: **Kevin Imam**  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
Base-Manarul	35.547	-113.950	-0.699	0.024	0.020

## Report ICP Manarul



### Project Summary

Project name: **Nasdec.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-Nasdec	283.674	439.989	-0.674	0.006	0.011

## Report ICP Nasdec



### Project Summary

Project name: **Parkiran Asrama.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-ParkAsrama	-698.312	-261.251	-0.654	0.012	0.032

## Report ICP Parkiran Asrama



### Project Summary

Project name: **Robotika.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-Robotika	488.314	451.979	-0.039	0.013	0.036

## Report ICP Robotika



### Project Summary

Project name: **Stadion.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-Stadion	-377.469	-239.083	-1.001	0.013	0.036

## Report ICP Stadion



### Project Summary

Project name: **Taman BAAK.ttp**  
 Surveyor:  
 Comment:  
 Linear unit: **Meters**

### GPS Observations

Name	dN (m)	dE (m)	dHt (m)	Horz RMS (m)	Vert RMS (m)
BASE-TamanBAAK	-100.909	13.649	-0.765	0.018	0.036

## Report ICP Taman BAAK

## Lampiran CE90 BIG

Nomor Titik	Nama Titik	X di Peta	X Pengukuran	dx	Dx <sup>2</sup>	Y di Peta	Y Pengukuran	dy	Dy <sup>2</sup>	dx <sup>2</sup> +dy <sup>2</sup>
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Graha	697744.613	697744.575	-0.038	0.001	9195207.511	9195207.313	-0.198	0.039	0.040
2	Parkiran Asrama	697809.25	697809.131	-0.119	0.014	9193985.252	9193985.343	0.091	0.008	0.022
3	Stadion	697831.297	697831.299	0.002	4E-06	9194306.127	9194306.186	0.059	0.003	0.003
4	Manarul	697956.343	697956.432	0.089	0.008	9194719.194	9194719.202	0.008	6E-05	0.008
5	Lapangan TL	697963.552	697963.413	-0.139	0.019	9194938.989	9194938.979	-0.01	1E-04	0.019
6	Taman BAAK	698083.989	698084.031	0.042	0.002	9194582.634	9194582.746	0.112	0.013	0.014
7	Blok J	698230.055	698230.238	0.183	0.033	9194137.674	9194137.445	-0.229	0.052	0.085
8	Forensik	698311.846	698311.93	0.084	0.007	9195269.666	9195269.633	-0.033	0.001	0.008
9	Parkiran Mesin	698430.787	698431.041	0.254	0.065	9194412.425	9194412.326	-0.099	0.01	0.074
10	Blok T	698463.297	698463.564	0.267	0.071	9194262.145	9194262.055	-0.09	0.008	0.079
11	NASDEC	698510.266	698510.371	0.105	0.011	9194967.382	9194967.329	-0.053	0.003	0.013
12	Robotika	698522.417	698522.412	-0.005	3E-05	9195171.664	9195171.7	0.036	0.001	0.001
									Jumlah	0.371
									Rata-Rata	0.030
									RMSe	0.175
									CE90	0.267

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



Kevin Imam Akbar, lahir di Kota Pontianak Kalimantan Barat pada tanggal 21 Juni 1996. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan di TK Bhayangkari 3 Balikpapan, SD Patra Dharma 3 Balikpapan, SMP Negeri 5 Bandung, dan SMA Negeri 3 Bandung. Penulis kemudian melanjutkan perkuliahan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dengan masuk ke salah satu departemennya yaitu Departemen Teknik Gomatika dengan NRP 03311440000095. Selama perkuliahan, penulis aktif di organisasi intra kampus seperti, Staff Departemen Dalam Negeri BEM ITS Berani, Staff Departemen Dalam Negeri HIMAGE-ITS 2015/2016, dan Kepala Departemen Dalam Negeri HIMAGE-ITS 2016/2017. Penulis juga aktif dalam kepanitiaan baik dari organisasi seperti Gerigi-ITS dan birokrasi seperti seminar GeoICON. Penulis juga mengikuti pelatihan seperti LKMM-PraTD lingkup fakultas dan LKMM-TD lingkup jurusan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*